ANNALES
DE
L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE B

ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

GÉNÉTIQUE - SÉLECTION - ÉCOLOGIE
TECHNIQUES CULTURALES

Année 1960

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

MATURATION DE L'AMANDE ET ÉCHAUDAGE CHEZ L'AVOINE CULTIVÉE

PAR

C. MOULE
Station centrale de Génétique et d'Amélioration des plantes,
Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

I. — Données bibliographiques.

II. — Matériel et méthodes.

III. — Caractéristiques climatiques des années d'expérience.

IV. — Analyse des résultats de l'année 1954.
- A) Comparaison des courbes obtenues avec celles du blé d'hiver.
- B) Loi générale de la croissance au cours des différentes phases de la maturation.
- C) Caractéristiques écologiques et variétales des différentes phases de la maturation : rôle de la température et de l'éclairement.

V. — Analyse des résultats de l'année 1955.
- A) Caractéristiques générales des courbes de maturation.
- B) Mise en évidence du processus d'échaudage.
 1. Choix d'une origine commune au graphique d'échaudage et au graphique témoin.
 2. Étude comparative 1955-1954
 3. Conclusions.

VI. — Analyse des résultats de l'année 1956.

VII. — Analyse des résultats de l'année 1957.

VIII. — Analyse des résultats de l'année 1959.

IX. — Conclusions générales.

X. — Résumé.

XI. — Références bibliographiques.

INTRODUCTION

L'échaudage constitue l'accident le plus fréquent et le plus grave pour l'avoine de printemps en France.

Un grain échaudé se reconnaît aisément à son aspect effilé : la glumelle supérieure, normalement bombée et largement dégagée entre les bords de la première glumelle, est plate, souvent même non apparente. L'une et l'autre sont mal colorées : le grain est terne. La récolte accuse un poids spécifique et un poids de mille grains très faibles : ce dernier peut tomber, dans les cas les plus graves, à des valeurs de l'ordre de 60 p. 100 de la normale.

L'échaudage consiste donc en un défaut de croissance et une mauvaise maturation de l'amande. Sa cause principale, comme le terme le suggère, est l'intervention de températures excessives au cours de la maturation. Les « coups de chaleur » de fin juin et de début juillet, tels ceux survenus, par exemple, du 28 juin au 6 juillet 1957 dans le Bassin Parisien, constituent des facteurs déterminants d'échaudage dans toute la moitié Nord de la France. Néanmoins, il en existe de nombreux autres. D'après DUCOMET, toutes les causes qui « concourent à une rapide déperdition de l'eau avant que ne soit terminée l'accumulation d'amidon » aboutissent à l'échaudage. La verse, les rouilles, les piétins, l'oïdium figurent parmi ces causes. Suivant le facteur considéré, on peut donc distinguer un échaudage physiologique, uniquement dû à des agents climatiques — fortes températures, verse — et un échaudage parasitaire, pathologique.

Contre certains de ces agents, la verse, la plupart des parasites, les agronomes ont fort heureusement trouvé un moyen de lutte : la résistance variétale. Après 30 ans de travaux d'hybridation, les sélectionneurs français et étrangers ont obtenu des avoines de bonne résistance à la verse ; aujourd'hui ils s'emploient à créer des variétés résistantes aux principales maladies. La lutte contre « l'échaudage — coup de chaleur » par contre, n'a pas reçu de solution entièrement satisfaisante. Pour l'instant, on s'est borné à créer des variétés plus précoces, c'est-à-dire à placer la phase de maturation de l'amande en dehors de la période normale des coups de chaleur. Il y a, cependant, une précocité-limite au-delà de laquelle ne pourra être poursuivie la sélection sans abaisser le niveau de productivité susceptible d'être atteint dans un milieu donné. Et il n'est pas certain, *a priori*, que cette précocité-limite soit suffisante pour garantir nos avoines de printemps de tout échaudage. L'obtention de variétés présentant une résistance réelle, et non simplement apparente, à cet accident doit donc être un objectif de sélection.

Une telle résistance variétale ne peut cependant être mise en évi-

dence que si tous les facteurs conditionnant l'intensité de l'échaudage sont contrôlés. Ceci nécessite une connaissance approfondie de la physiologie de l'échaudage, et par là même, de celle de la maturation. Dans ce but, l'étude de l'évolution de l'amande chez l'avoine de printemps a d'abord été entreprise. Durant cinq années, assez différentes les unes des autres par leur climat, plusieurs variétés ont été expérimentées à la Station de Versailles. Les résultats des observations effectuées sont présentés dans ce mémoire.

I. — DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

Les travaux sur la maturation de l'amande et l'échaudage chez l'Avoine sont pratiquement inexistants. D'une manière générale, d'ailleurs, ce problème n'a été que fort peu exploré chez les Graminées.

Quelques auteurs russes, MAXIMOV en particulier, ont abordé le problème de la résistance à la sécheresse chez l'Avoine et montré son caractère variétal. Aucun n'aborde cependant la question sur le plan général de la physiologie de la maturation ; celle de l'échaudage n'est pas non plus étudiée.

Récemment, FREY et WIGGANS ont publié leurs observations sur la variation de la faculté germinative de l'embryon avec le stade de maturation de l'amande ; ce stade était repéré parallèlement en jours, en poids de matière sèche accumulée, en teneur en eau atteinte. Ces auteurs ont observé que, chez les deux variétés étudiées, le poids maximum de matière sèche est obtenu pour une humidité, évaluée en p. 100 du poids frais, voisine de 45 p. 100 ; ils constatent, par ailleurs, une légère regression, de l'ordre de 1 à 5 p. 100, du poids de matière sèche durant les 4 derniers jours de la maturation.

Les études les plus complètes dans le domaine qui nous occupe ont été réalisées chez le Blé d'hiver.

Dès 1909, BRENCHLEY et HALL montrent que la maturation du grain de blé peut se diviser en 3 phases :

— Durant la première, les poids d'eau et de matière sèche s'accroissent ; le péricarpe constitue la majeure partie de l'amande.

— Durant la seconde phase, d'une durée de 12 jours, le poids d'eau dans l'amande demeure sensiblement constant ; la matière sèche continue de croître ; l'albumen se remplit d'amidon.

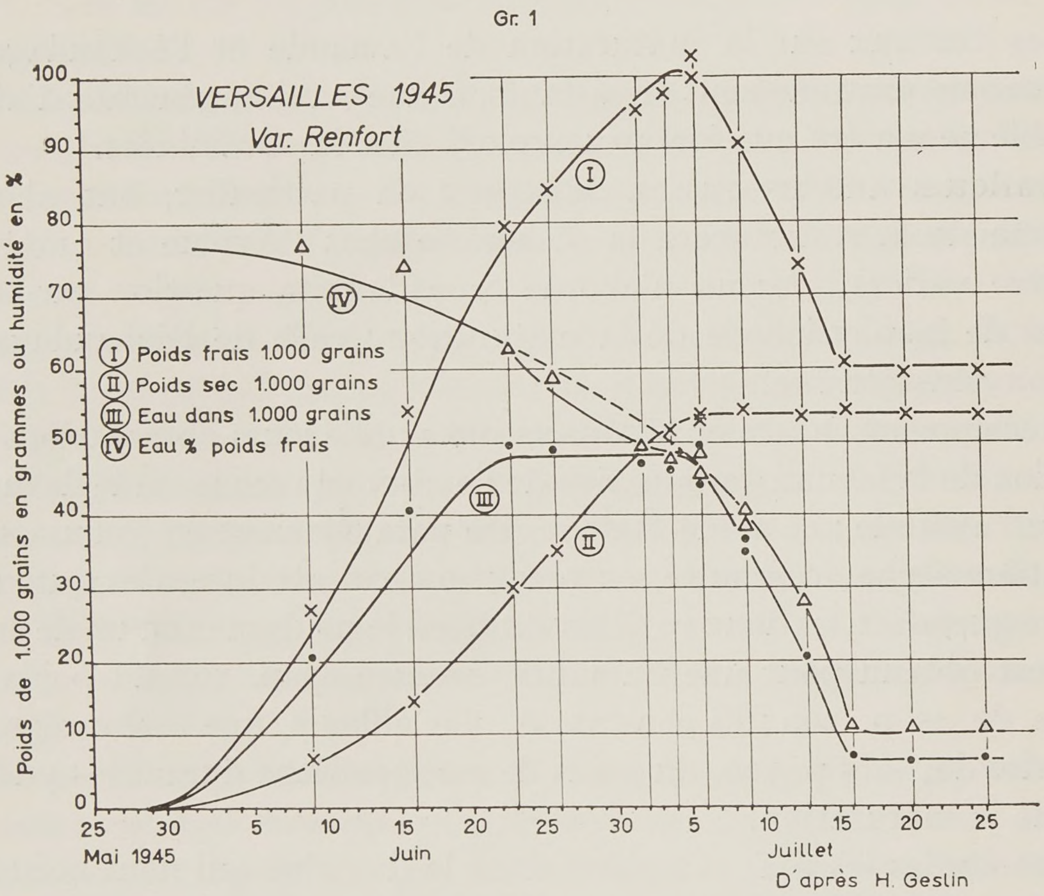
— Enfin, pendant la dernière phase, l'amande se dessèche progressivement sans augmenter son poids sec ni modifier sa structure. BRENCHLEY et HALL remarquent même parfois une légère régression du poids sec durant la dernière semaine de maturation, résultat retrouvé, on l'a vu plus haut, par FREY, chez l'avoine.

Outre l'eau et la matière sèche, les teneurs en azote, en acide phos-

phorique, en sucres, sont notées et leurs variations placées dans le contexte des modifications morphologiques de l'amande.

Lors d'une étude similaire réalisée à Versailles de 1945 à 1948 sur des variétés françaises de blé d'hiver (*Renfort*, *Vilmorin 23*, *Vilmorin 27*), GESLIN et JONARD retrouvent et complètent les observations de BRENCHLEY et HALL. Nous résumerons leurs conclusions.

Au cours de sa maturation, le grain de blé passe par une phase singulière, d'une durée de 10 à 12 jours, caractérisée par le maintien à un niveau constant du poids d'eau dans le grain (graphique 1). Ce « palier » débute et se termine à des dates variables suivant le semis, l'année et la



GRAPHIQUE 1.

variété. Cependant, il se caractérise par un certain nombre de constantes physiques :

— il s'établit pour une humidité, exprimée en p. 100 du poids frais, voisine de 60 p. 100 et disparaît lorsque celle-ci est de l'ordre de 48 p. 100 ;

— sa durée, exprimée en fonction de la somme des principaux facteurs climatiques d'action, en premier lieu de la température, est sensiblement constante, de l'ordre de 170°-180°C ;

— de même, la durée de la période qui sépare la date de floraison du début du « palier », exprimée en somme des températures, est sensiblement constante, voisine de 420°C.

Le rôle fondamental que doit jouer cette phase caractéristique de la maturation apparaît tout particulièrement quand survient un coup de

chaleur. GESLIN et JONARD constatent, en effet, que l'apparition de fortes températures au moment du « palier » peut rompre celui-ci ; dans ce cas, la courbe de poids sec est perturbée ; au déficit en eau correspond un ralentissement, voire un arrêt dans l'accumulation de la matière sèche : il y a échaudage. Par contre, si le coup de chaleur intervient avant ou après le « palier », aucune modification n'est observée dans l'évolution de l'eau ni du poids sec. Le « palier » apparaît donc comme une période critique dans l'évolution du grain. C'est la position de cette phase par rapport à la période où les coups de chaleur sont les plus fréquents qui détermine le risque d'échaudage d'une variété dans un milieu donné : les variétés très précoces, dont le « palier » sera achevé avant le coup de chaleur, n'échauderont que très rarement.

Les courbes obtenues par GESLIN et JONARD montrent, par ailleurs, des différences variétales de réponse au coup de chaleur : celui-ci passé, certaines variétés, telle *Vilmorin 27*, peuvent rattraper, après un décrochage momentané des courbes d'eau et de poids sec, leurs courbes normales : il y a une résistance physiologique variétale à l'échaudage-coup de chaleur.

Les observations plus récentes de CHEVALIER, faites pendant plusieurs années à Montpellier sur une collection de 140 variétés de blé, confirment l'existence de cette résistance variétale. Ici cependant, l'échaudage noté totalise l'action des coups de chaleur, des parasites et de la verse. Or, dans une étude sur l'évolution de la rouille noire sur le blé à l'âge adulte et son incidence sur le poids du grain, ECOCHARD a montré que contrairement à celui occasionné par un coup de chaleur, le déséquilibre du bilan d'eau engendré par le parasite ne semble pas réversible : dès que le seuil d'action de la maladie est atteint, les courbes d'évolution du poids d'eau et du poids sec divergent des courbes normales. L'existence d'une résistance variétale à l'échaudage pathologique reste à démontrer.

Les travaux effectués chez le Blé d'hiver nous fournissent ainsi un certain nombre de données fondamentales sur la physiologie de la maturation et de l'échaudage. Nous essaierons, dans la suite de cet exposé, de montrer dans quelle mesure elles sont généralisables à l'Avoine, ou, au contraire, doivent être accompagnées de quelques restrictions pour s'intégrer dans un schéma plus complet des processus de maturation.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

De 1954 à 1959 — 1958 excepté — nous avons étudié l'évolution de la quantité d'eau et de matière sèche dans l'amande depuis la postfloraison jusqu'à la complète maturité. Trois variétés ont été plus particulièrement expérimentées :

Aigle de Svalöf : variété tardive.

Avoine de Versailles : variété demi-précoce.

Starlette de Moyencourt : variété très précoce.

Les semis ont été effectués chaque année à la main, à une densité normale de culture (350 plantes au m²) et généralement à deux dates différentes, voisines du 20 mars et du 15 avril (en 1957 un semis intermédiaire). Au stade « début floraison », caractérisé par l'ouverture des anthères des épillets supérieurs de la panicule, 250 panicules par variété étaient marquées à l'aide d'une bande de papier coloré (cello-twist) enroulée sur l'axe de l'inflorescence. Par la suite, tous les deux jours, ou tous les jours, à 9 heures du matin, 10 panicules étaient récoltées par parcelle. Sur chacune d'elles, 20 amandes de première fleur étaient prélevées à l'aide d'une pince, pesées à l'état frais, puis à l'état sec après passage à l'étuve à 105°C durant 6 à 8 heures. Les poids moyens frais et sec de 1 000 amandes et, par différence, le poids d'eau, étaient alors portés sur un graphique portant en ordonnée les poids, en abscisse le nombre de jours séparant le prélèvement de la date de floraison. Le p. 100 de matière sèche était également porté. Ainsi ont été obtenus les graphiques 3 et 4.

III. — CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES DES ANNÉES D'EXPÉRIENCE (1).

Le graphique 2 présente un relevé des températures maximum observées à 2 mètres sous abri à Versailles pendant la période des prélèvements pour les cinq années d'expérience : 1954-1955-1956-1957 et 1959. En 1958, une verse importante a empêché toute observation.

Sur ce graphique on a délimité les périodes pendant lesquelles des températures voisines ou supérieures à 30°C sont atteintes sous abri. Les observations de GESLIN et JONARD montrent, en effet, que chez le blé d'hiver, il y a risque d'échaudage dès que des températures de cet ordre sont enregistrées pendant deux jours consécutifs à 2 mètres sous abri.

Vis-à-vis de ce facteur du climat, les cinq années d'expérience se caractérisent donc ainsi à Versailles :

1954 : Températures très modérées, voisines de 20°C pendant toute la période de maturation.

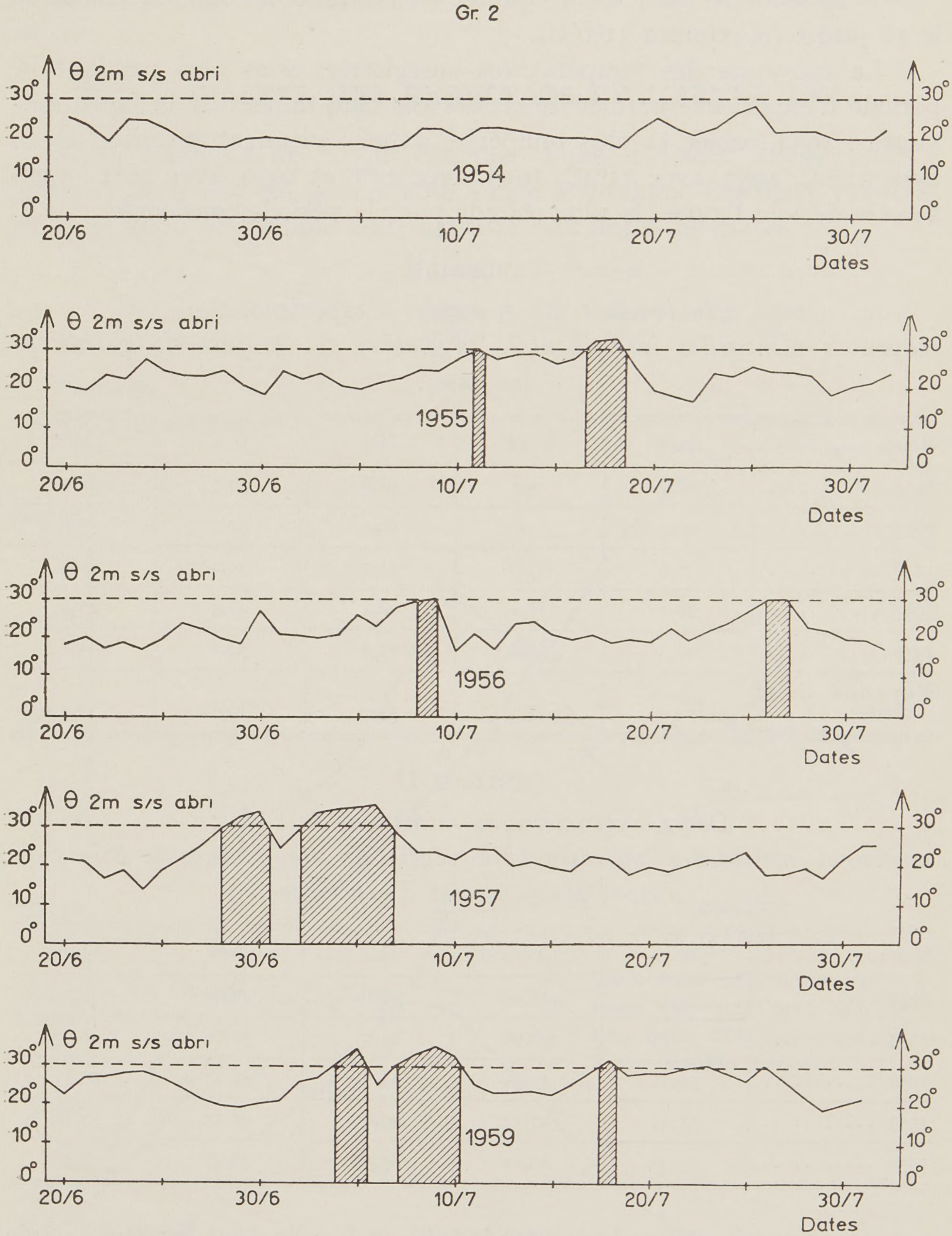
1955 : Températures généralement plus élevées qu'en 1954 ; un coup de chaleur très court survient le 11 juillet avec un maximum de 29°8C ; un second coup de chaleur survient les 17 et 18 juillet avec un maximum de 32°5.

1956 : Températures plus irrégulières que les années précédentes, souvent inférieures à 20°C. Deux périodes de 2 jours chacune, à températures voisines de 30°C sont enregistrées, l'une les 8 et 9 juillet

(1) Observations communiquées par la Station centrale de Bioclimatologie.

(maximum 29°7C) l'autre, tardive, les 26 et 27 juillet (maximum 29°9C).

1957 : Deux très forts coups de chaleur surviennent très tôt, l'un du 28



GRAPHIQUE 2.

au 30 juin (maximum 33°5) l'autre du 3 au 6 juillet (maximum 35°2). Les températures qui suivent sont par contre assez modérées et régulières, voisines de 20°C.

1959 : Temps très chaud : les températures restent pratiquement toujours supérieures à 20°C. 3 périodes à maximum supérieur à 30°C sont enregistrées : l'une les 4 et 5 juillet (maximum 34°4 C), la seconde du 7 au 10 juillet (maximum 34°8 C,), la troisième le 18 juillet (maximum 31°6 C).

La moyenne des températures enregistrées sous abri pendant la période d'expérience permet de classer ces cinq années de la façon suivante : 1954, année la plus tempérée, 21°0C ; viennent ensuite : 1956, avec 21°6C, 1957, avec 23°4C, 1955, avec 23°8 et 1959, avec 26°1 ; 1959 s'avère de loin l'année la plus chaude pour la période considérée.

TABLEAU I

Pluviométrie des 5 années d'expérience : moyennes mensuelles intéressant la végétation des avoines de printemps (en mm).

Mois :	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
1954	32,6	4,8	18,8	36,7	29,0
1955	20,5	3,6	76,1	52,7	59,8
1956	9,4	47,9	41,1	50,4	30,3
1957	18,1	18,2	28,4	48,5	81,0
1959	47,2	67,4	17,4	32,1	15,1
Moyenne de 31 années	34,3	44,3	59,0	53,7	52,5

TABLEAU II

Degré hygrométrique minimum de l'air : moyennes mensuelles intéressant la végétation des avoines de printemps durant les 5 années d'expérience.

Mois :	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
1954	55,77	35,53	38,19	44,86	45,90
1955	49,29	38,90	44,16	50,80	48,90
1956	50,32	52,50	43,42	58,40	55,77
1957	57,97	47,53	49,03	46,23	53,13
1959	53,32	49,17	45,58	36,47	35,55

C'est aussi, comme le montre le tableau I, celle dont la pluviométrie est la plus basse pendant la période de maturation (juillet). Cette sécheresse a, par ailleurs, succédé à une faible pluviosité en mai et juin, inférieure à celle de toutes les années précédentes. A la différence de 1955 et 1957, en particulier, où la pluviosité de juin-juillet a été normale, en 1959

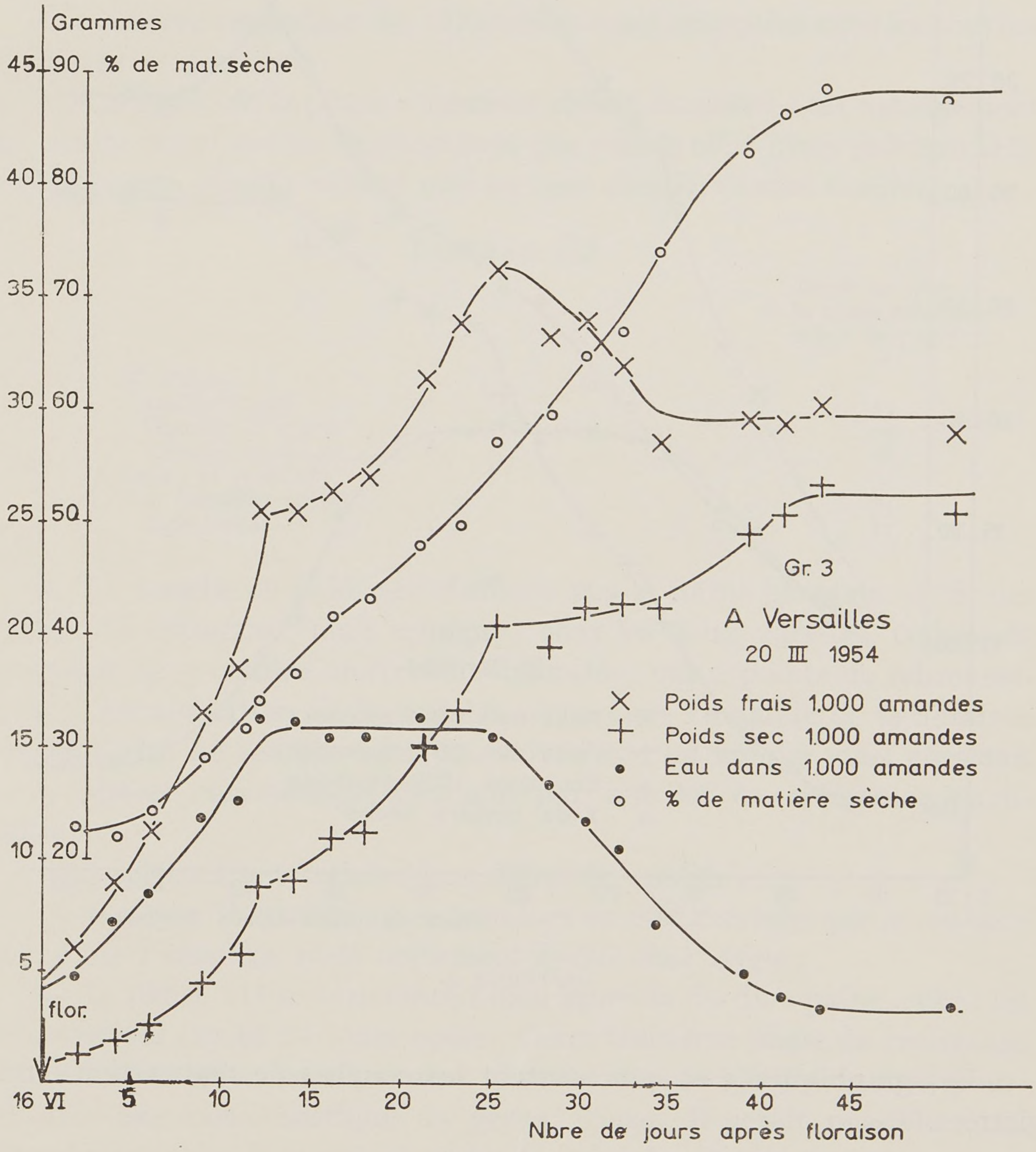
un déficit hydrique prononcé existait à l'arrivée des coups de chaleur et leur a succédé.

Corrélativement, les minimums hygrométriques atteints en juin et juillet 1959 (tableau II) sont très inférieurs à ceux des années précédentes.

IV. — ANALYSE DES RÉSULTATS DE L'ANNÉE 1954.

Deux parcelles de 10 m² chacune, l'une d'*Avoine de Versailles*, l'autre d'*Aigle* ont été semées côte à côte le 20 mars. Les deux variétés ont épié, fleuri et terminé leur maturité aux dates suivantes :

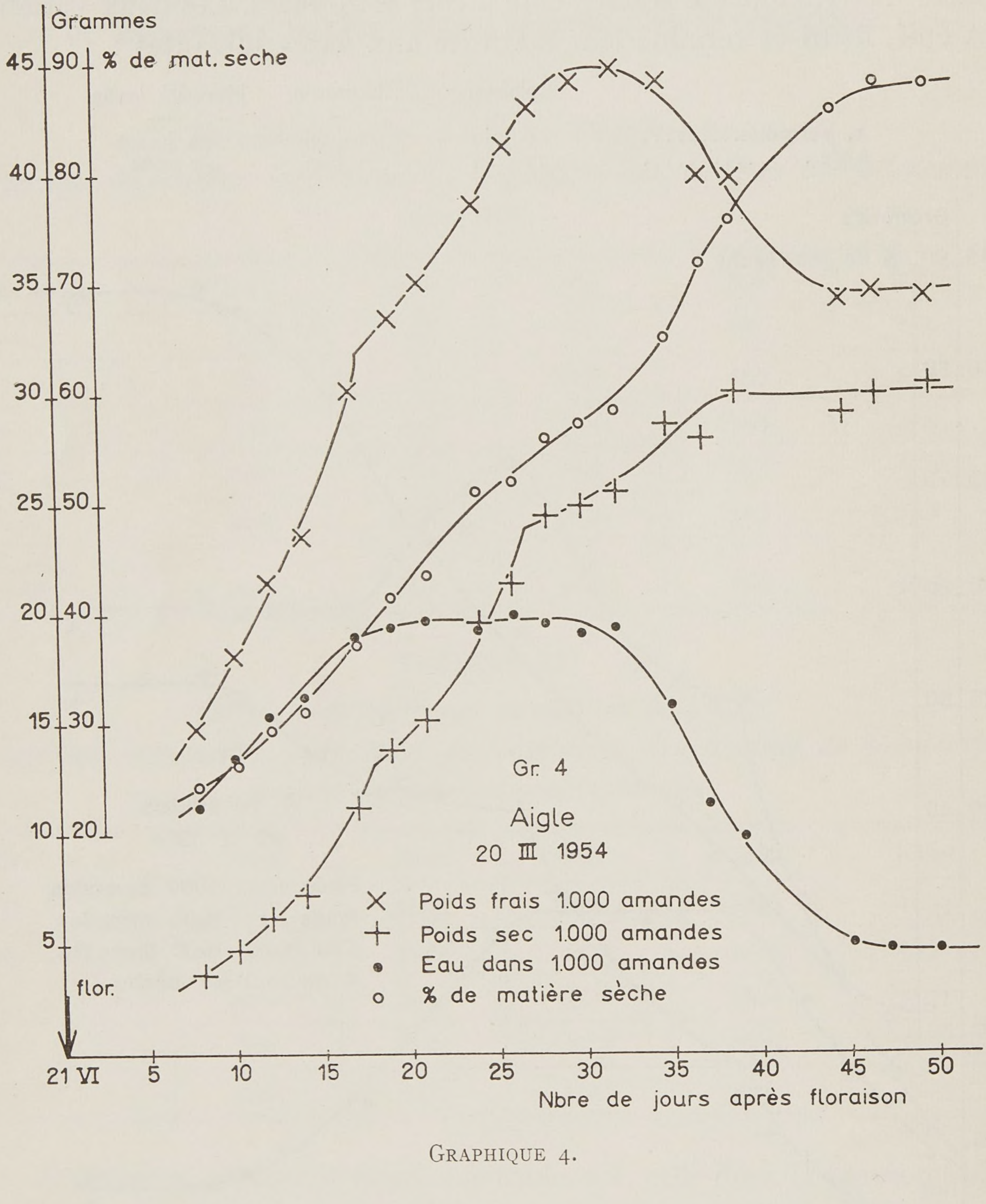
	Épiaison	Floraison	Maturité jaune
	—	—	—
A. Versailles.........	9 juin	16 juin	30 juillet
Aigle	17 juin	21 juin	2 août



GRAPHIQUE 3.

Aucune verse ni maladie n'a été observée au cours de la végétation. Les poids de mille premiers grains de l'épillet et de mille amandes étaient à la récolte les suivants :

	Poids de mille grains	Poids de mille amandes
	—	—
A. Versailles	36,45 g	26,25 g
Aigle	42,00 g	29,35 g



GRAPHIQUE 4.

Les graphiques 3 et 4 présentent les courbes de maturation enregistrées.

A. — Comparaison des courbes obtenues avec celles du blé d'hiver

La forme générale de ces courbes met en évidence certaines analogies avec celles obtenues par GESLIN et JONARD chez le blé d'hiver.

1. Il existe un « palier » de poids d'eau d'une durée de l'ordre de 10-11 jours chez les deux variétés.

2. Ce palier débute, chez *A. de Versailles* et chez *Aigle,* pour une même teneur en matière sèche, de l'ordre de 36 p. 100 du poids frais, et disparaît pour des teneurs assez voisines, respectivement 54 p. 100 et 57 p. 100. Ces valeurs sont analogues à celles observées chez le blé d'hiver (38-52 p. 100).

3. Le maximum de poids frais est atteint, comme chez le blé d'hiver, à la fin du « palier ».

On observe cependant des différences assez marquées avec les courbes de GESLIN et JONARD.

1. La durée de la phase « floraison-début du palier » est notablement plus courte chez l'avoine de printemps que chez le blé d'hiver (tableau III), et plus courte chez la variété précoce que chez la variété tardive.

TABLEAU III

	Durée en jours de la phase floraison-début du palier
Blé d'hiver	
Renfort (1945)	23
Vilmorin 27 (1946)	23
Vilmorin 23 (1946)	22
Avoine de printemps	
A. Versailles (1954)	13
Aigle (1954)	17

2. La courbe de poids sec n'affecte pas la forme générale, en S, des courbes de croissance mais apparaît, chez les deux variétés, comme la succession de 3 courbes nettement délimitées par 2 points de rebroussement. L'accumulation de la matière sèche dans l'amande de la floraison à la maturité ne semble donc pas suivre une loi unique mais passerait par 3 phases caractérisées chacune par une loi de croissance particulière :

— la phase I se terminerait au début du « palier » ;

— la phase II semblerait se terminer en même temps que le « palier » chez *A. de Versailles,* mais nettement avant chez *Aigle* ;

— la phase III se terminerait bien après la fin du « palier » chez les deux variétés (17 et 12 jours après). Cette troisième phase de croissance de la matière sèche, pratiquement absente chez le blé d'automne, pourrait être une caractéristique du genre *Avena.* Il serait possible aussi qu'elle caractérise le comportement des céréales de printemps.

B. — Loi générale de la croissance au cours des différentes phases de la maturation.

Blackman, constatant que l'accroissement du nombre de cellules, au fur et à mesure des mitoses, est sensiblement exponentiel, a proposé pour la phase initiale de toute courbe de croissance la formule mathématique suivante :

$$A = a\ e^{rt}.$$

ou, sous sa forme logarithmique :

$$\log A = \log a + \mathrm{rt}$$

a étant le poids de matière sèche initial,
r le taux d'accroissement,
A le poids sec atteint au bout du temps t,
e la base des logarithmes naturels.

Dans la mesure où r est constant, la loi de croissance du logarithme du poids sec en fonction du temps se réduit à une droite de pente r et d'ordonnée à l'origine log a.

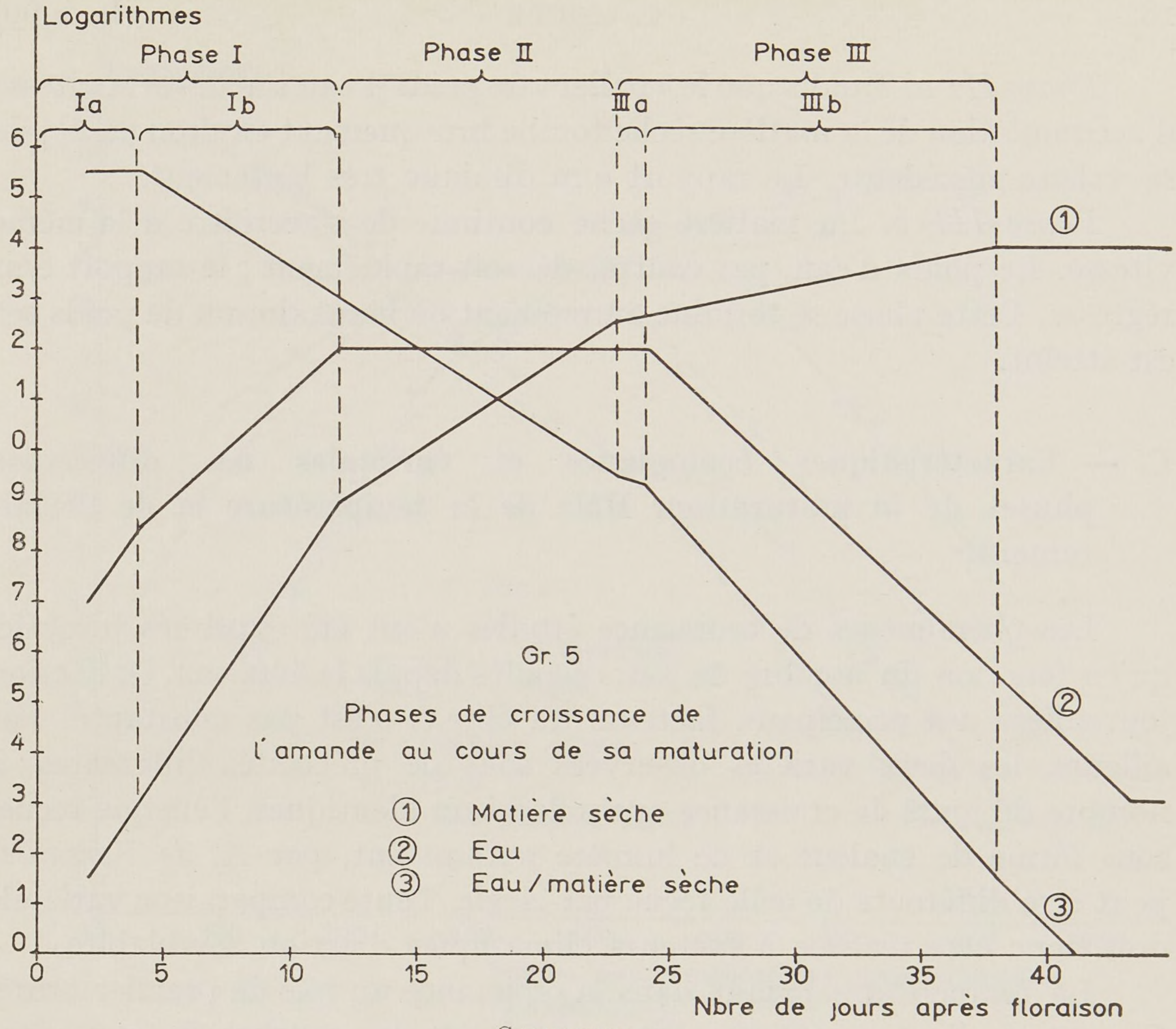
Le graphique 6 montre que, chez les 2 variétés étudiées, une telle relation linéaire semble exister, durant chacune des phases I, II et III : les points s'alignent en effet (seuls ceux relatifs à *Aigle* sont représentés) sur 3 droites de pente variable avec la phase considérée et la variété.

Sur le même graphique, on a porté les logarithmes du poids d'eau et du rapport eau/matière sèche, différence des 2 précédents. Comme pour le poids sec, les points obtenus s'alignent sur une suite de droites de pente variable avec la phase et la variété considérées. L'évolution de la matière sèche ou de l'eau dans l'amande, en fonction du temps, paraît donc suivre une loi générale de croissance, de forme exponentielle, dans laquelle un paramètre r, varie avec la phase et la variété intéressées. La position relative des droites d'évolution de l'eau et de la matière sèche permet alors de définir, chez les deux variétés, 5 phases successives de croissance (graphique 5).

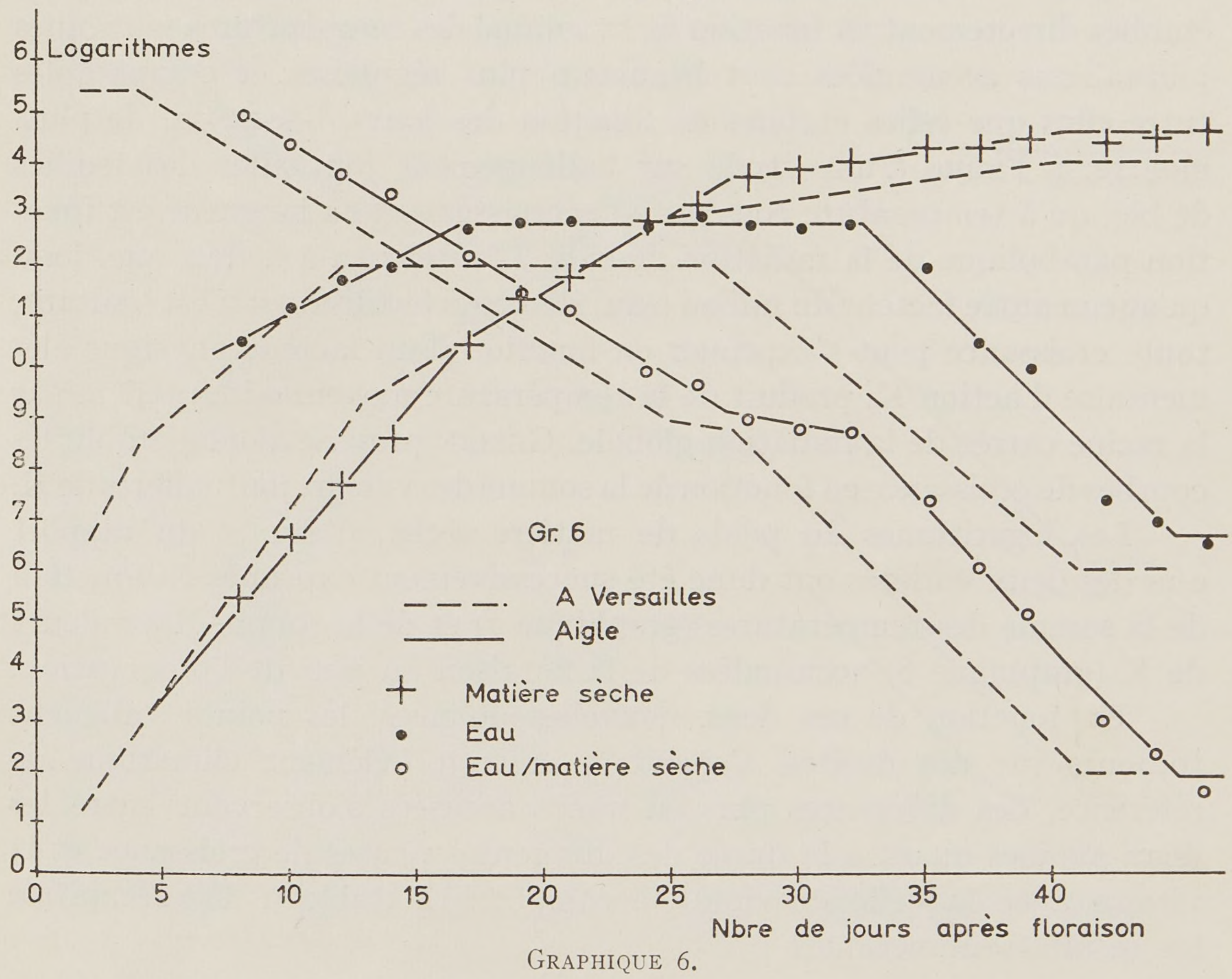
Phase I a. (observée seulement chez *A. de Versailles*). Cette phase très courte, d'une durée de l'ordre de 4 jours, se caractériserait par un rapport e/m (eau/matière sèche) sensiblement constant : les vitesses de croissance des deux éléments sont identiques

Phase I b. La matière sèche croît à la même vitesse que durant la phase I *a*. L'eau croît moins rapidement ; en conséquence, le rapport e/m diminue.

— *Phase II*. Elle commence au « palier » par une brusque diminution (sensiblement de moitié) de la vitesse de croissance de la matière sèche. La pente de la régression du rapport e/m n'est cependant pas modifiée. La phase se termine avant la fin du palier, plus ou moins tôt suivant la variété.



GRAPHIQUE 5.



GRAPHIQUE 6.

Phase III a. Tandis que le « palier » de poids d'eau s'achève, la vitesse d'accumulation de la matière sèche tombe brusquement environ au 1/4 de sa valeur précédente. Le rapport e/m diminue très lentement.

Phase III b. La matière sèche continue de s'accroître à la même vitesse. Le poids d'eau, par contre, décroît rapidement ; le rapport e/m régresse. Cette phase se termine au moment où le maximum de poids sec est atteint.

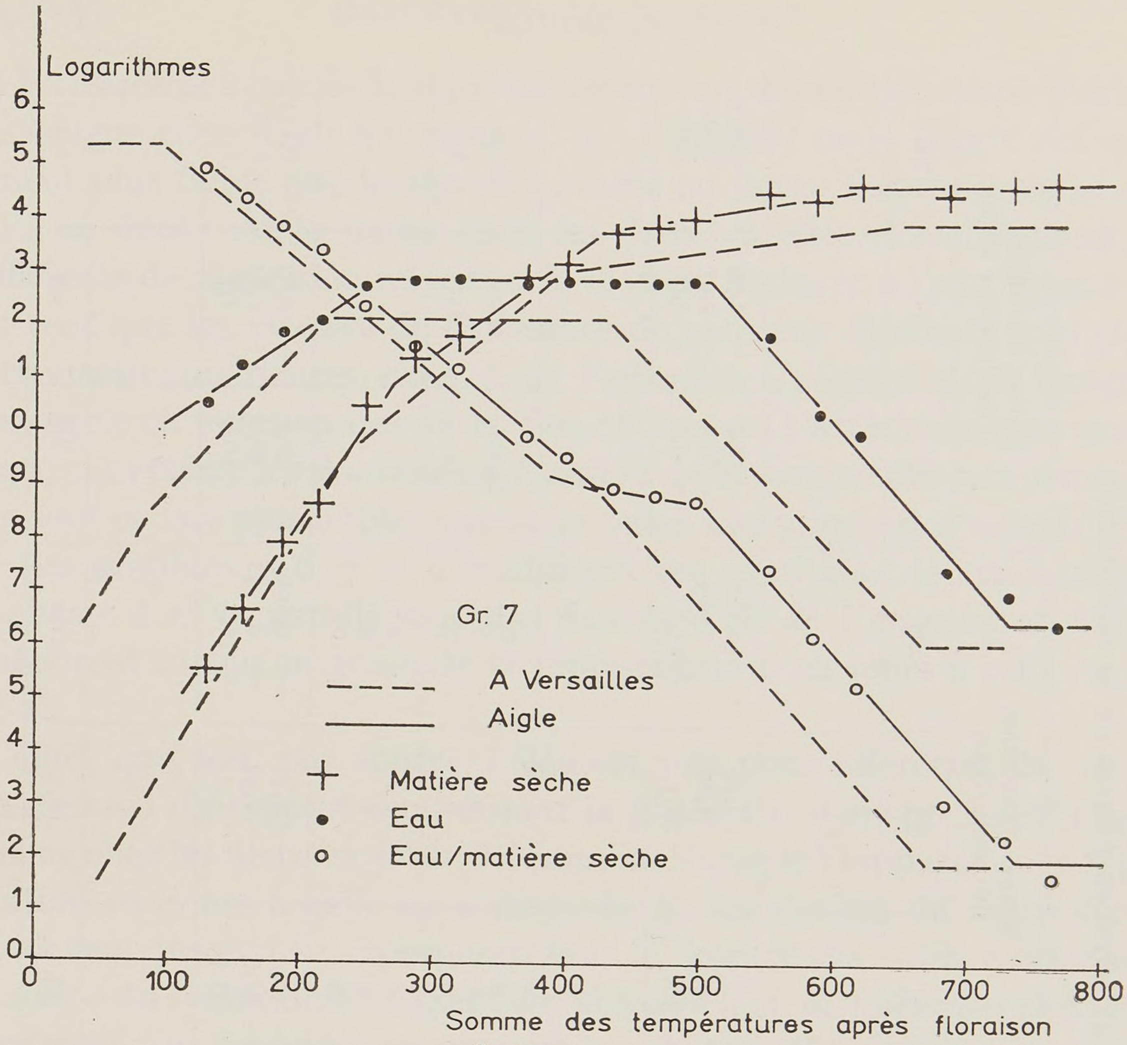
C. — Caractéristiques écologiques et variétales des différentes phases de la maturation. Rôle de la température et de l'éclairement.

Les phénomènes de croissance étudiés n'ont été exprimés jusqu'ici qu'en fonction du nombre de jours écoulés depuis la floraison. Or l'action journalière des principaux facteurs du climat n'est pas constante. Par ailleurs, les deux variétés observées sont de précocités différentes ; à nombre de jours de croissance après floraison identiques, l'énergie reçue, sous forme de chaleur et de lumière notamment, par *A. de Versailles* peut être différente de celle reçue par *Aigle*. Toute comparaison variétale doit donc être réalisée à facteurs climatiques d'action semblables.

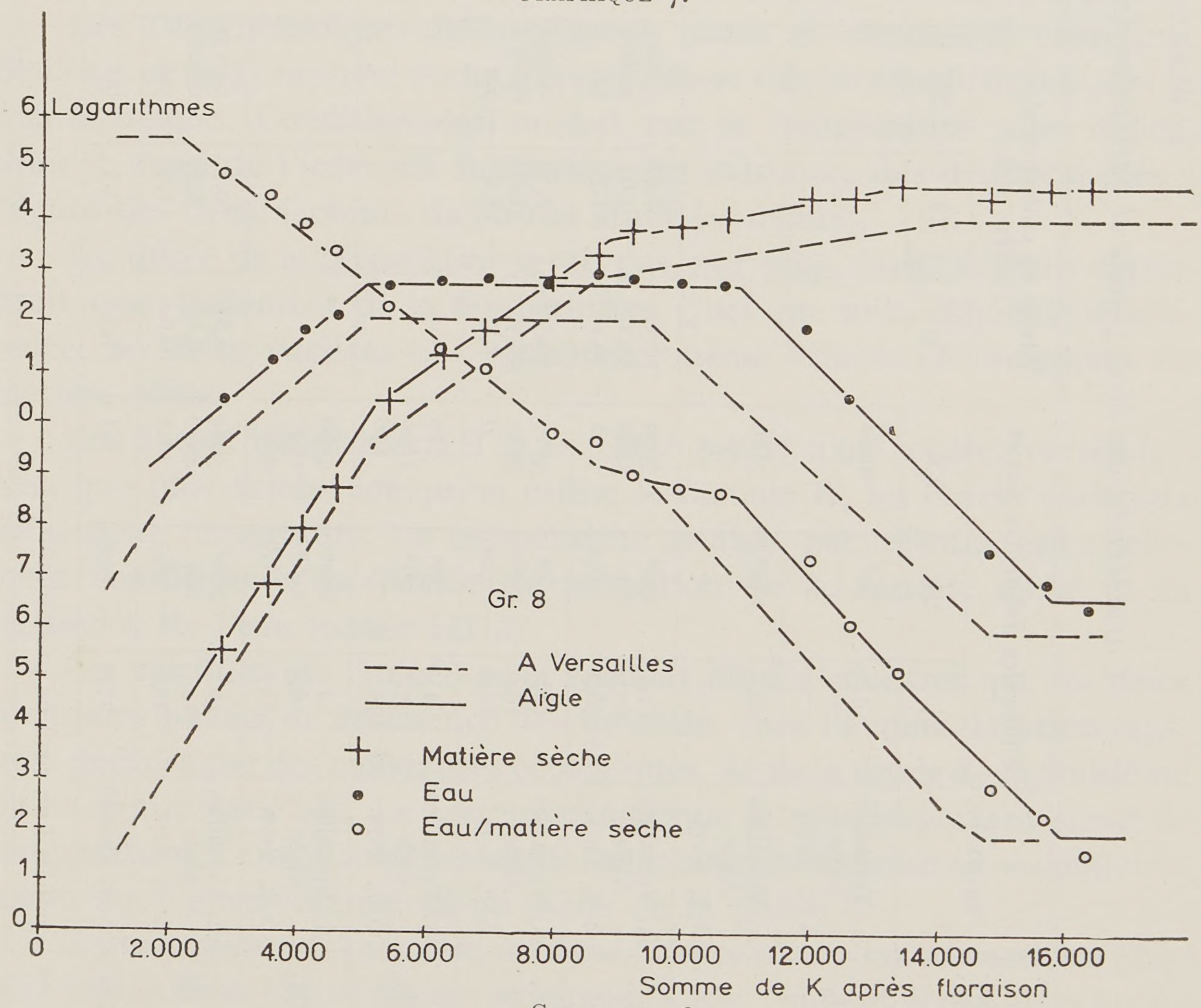
La température jouant dans la croissance un rôle de premier ordre, GESLIN et d'autres auteurs ont montré que les courbes de croissance établies directement en fonction de la somme des températures moyennes journalières accumulées sont beaucoup plus régulières et comparables entre elles que celles établies en fonction des jours. GESLIN a, de plus, montré, à l'issue d'une étude sur l'allongement journalier des feuilles de blé, qu'à température constante l'accroissement en longueur est fonction parabolique de la radiation globale. L'auteur en a déduit que, lorsqu'aucun autre facteur du milieu (eau, éléments fertilisants) n'est limitant, toute croissance peut s'exprimer en fonction d'un facteur physique élémentaire d'action K, produit de la température moyenne journalière par la racine carrée de la radiation globale. GESLIN propose alors d'établir les courbes de croissance en fonction de la somme des valeurs journalières de K.

Les logarithmes du poids de matière sèche, d'eau et du rapport e/m des deux variétés ont donc été successivement exprimés en fonction de la somme des températures (graphique 7) et de la somme des valeurs de K (graphique 8) accumulées de la floraison au jour de l'observation.

En fonction de ces deux nouvelles données, les points s'alignent toujours sur des droites. Cependant suivant l'élément climatique de référence, des différences plus ou moins accusées s'observent entre les deux avoines quant à la durée des différentes phases de croissance et la vitesse avec laquelle chacune s'accomplit. Le tableau IV récapitule les résultats numériques.



Graphique 7.



Graphique 8.

TABLEAU IV

Caractéristiques écologiques et variétales des différentes phases de la maturation

Phases	Variétés	Durée des différentes phases			Vitesse de croissance de la matière sèche			Vitesse d'évolution du poids d'eau			Vitesse d'évolution de l'eau/matière sèche		
		Σj	Σθ	ΣK	Σj	Σθ	ΣK	Σj	Σθ	ΣK	Σj	Σθ	ΣK
I_a	A. Versailles Aigle Δ % Vers.	4 — —	80° — —	2080 — —									
I_b	A. Versailles Aigle Δ % Vers.	8,5 — —	152° — —	3120 — —				42,36 25,90 — 38,7	2,70 1,86 — 31,1	0,120 0,089 — 25,8	— 30,4 — 30,6 — 0,6	— 2,09 — 2,01 + 3,8	— 0,095 — 0,094 + 1,00
I	A. Versailles Aigle Δ % Vers.	12,5 17,0 + 36,0	232° 270° + 16,4	5200 5200 0	76,23 53,22 —30,18**	4,57 3,99 — 12,7	0,2047 0,1884 — 7,9						
II	A. Versailles Aigle Δ % Vers.	12,5 10,0 — 20,0	160° 158° — 0,01	3520 3520 0	30,34 29,73 — 5,3	2,14 1,80 — 15,8	0,0994 0,0894 —10,0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	*idem* I_b	*idem* I_b	*idem* I_b
III_a	A. Versailles Aigle Δ % Vers.	2 5,5 + 175	28° 76° + 172	720 2000 + 178				0 0 0	0 0 0	0 0 0			
III_b	A. Versailles Aigle Δ % Vers.	14 6,5 — 53	240° 116° — 51,6	4960 2640 — 46,6				— 40,4 — 51,6 + 27,7	— 2,41 — 2,54 — 5,4	— 0,109 — 0,127 — 16,5	— 48,1 — 56,0 — 16,4	— 2,87 — 2,82 + 1,7	— 0,131 — 0,133 — 1,5
III	A. Versailles Aigle Δ % Vers.	16 12 — 25,0	268° 192 — 28,3	5680 4640 — 18,3	6,85 8,09 +16,6	0,42 0,47 + 11,9	0,0191 0,0209 + 9,4						
Écarts moy. absolus		27,0	14,9	6,1	17,3	13,5	9,1	33,2	18,3	21,2	8,5	2,8	1,3

** Significatif au seuil de probabilité 0,05

La durée de la phase I, exprimée en somme des températures demeure plus longue chez *Aigle* que chez *A. de Versailles* mais l'écart est notablement plus faible que lorsqu'on l'évalue en jours. Exprimée en somme de K, sa durée est la même chez les deux variétés. Parallèlement, les coefficients de régression relatifs à la matière sèche et à l'eau (phase I *b*) montrent que les vitesses de croissance de ces deux éléments sont significativement supérieures, chez *A. de Versailles*, à celles d'*Aigle* lorsqu'on les exprime en fonction des jours. Ces différences s'atténuent, par contre, lorsqu'on exprime les données en fonction de la somme des températures. Elles sont encore plus faibles quand on passe à la somme des valeurs de K.

Les graphiques 6, 7 et 8 traduisent ces résultats : le synchronisme des phases I et le parallélisme des droites d'*A. de Versailles* et d'*Aigle* s'améliorent lorsqu'on passe de la représentation en jours à celle en facteur K.

Quel que soit, par contre, l'élément pris pour référence, la vitesse de régression du rapport e/m, durant la phase I *b*, demeure sensiblement la même chez les deux variétés. Néanmoins, lorsque l'on passe de la représentation en jours à celle en somme de K, lès droites de régression se rapprochent jusqu'à se superposer dans le dernier cas : ceci n'est que la traduction du synchronisme exact des phases I d'*A. de Versailles* et d'*Aigle* lorsqu'elles sont mesurées en prenant le « facteur K » comme paramètre.

Les caractéristiques de la phase I, durée et vitesses de croissance de l'eau et de la matière sèche, seraient donc exlusivement *écologiques* et non *variétales*. Conditionnées surtout par la température, elles dépendraient aussi de l'intensité lumineuse, les exigences des deux variétés à l'égard des deux facteurs du climat étant les mêmes.

La durée de la phase II ne serait pas, non plus, variétale mais dépendrait essentiellement de la température. Quel que soit l'élément de référence, les deux variétés ont également même vitesse de croissance en matière sèche.

La durée des phases III *a* et III *b* serait, par contre, variétale : bien que plus faibles lorsqu'on utilise le facteur K, les écarts variétaux demeurent importants. La température semble, par ailleurs, essentiellement conditionner la vitesse de formation de la matière sèche et de régression de l'eau (phase III *b*).

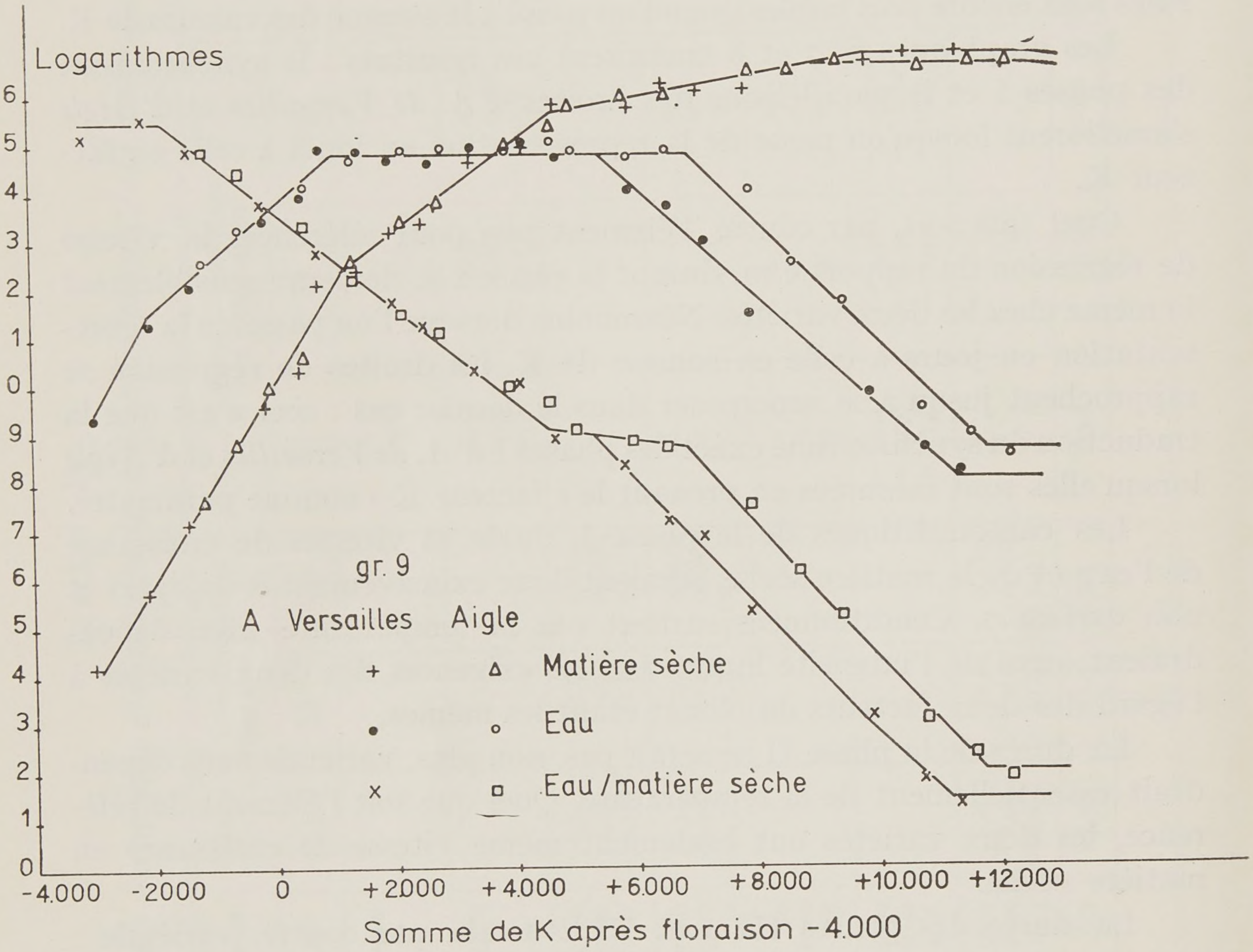
Les résultats de l'année 1954 tendent ainsi à montrer que les deux premières phases de croissance de l'amande, chez l'avoine de printemps, sont définies par des constantes écologiques. Seule la durée de la troisième phase serait variétale. Le facteur climatique le plus important serait la température. Cependant l'intensité lumineuse interviendrait secondairement, tout particulièrement au cours de la phase I.

Ceci suggère, en première analyse, de prendre pour mesurer les phénomènes étudiés la somme des valeurs de « K ». On peut écrire alors qu'au

cours d'une phase donnée, le poids A de matière sèche formée est tel que :
$\log A = \log a + r\,\Sigma K$
où :

a est le poids de matière sèche à l'origine de la phase,
r la vitesse de formation de la matière sèche durant cette phase,
ΣK, la somme des valeurs de K accumulées depuis le début de la phase.

A la fin de la phase I, le poids A_1 de matière formée sera tel que :
$\log A_1 = \log a_1 + r_1\,\Sigma K_1$.



GRAPHIQUE 9.

A la fin de la phase II, le poids A_2 de matière formée sera tel que :
$\log A_2 = \log A_1 + r_2\,\Sigma K_2 = \log a_1 + r_1\,\Sigma K_1 + r_2\,\Sigma K_2$.

A un instant donné de la phase III correspondant à ΣK, le poids A de matière sèche accumulée sera tel que :

$\log A = \log a_1 + r_1\,\Sigma K_1 + r_2\,\Sigma K_2 + r_3\,\Sigma K$.

r_1, r_2, r_3, ΣK_1 et ΣK_2 étant indépendants de la variété, $\log A - \log a_1$ est identique à un même instant chez les deux variétés.

Ceci suggère d'exprimer la matière sèche accumulée à chaque instant en fonction de celle formée au début de la phase I. Celle-ci étant d'estimation difficile (premiers prélèvements postérieurs de 2 à 8 jours à la

floraison), on a exprimé le poids sec de chaque variété en fonction de celui observé au bout d'une même somme de valeurs de K, arbitrairement choisie, $\Sigma K = 4\,000$. Le poids d'eau correspondant a été prallèlement calculé. Le graphique 9 montre alors que les points relatifs au poids sec des deux variétés s'alignent sur les mêmes droites, durant les deux premières phases de maturation. Il en est de même des points intéressant le poids de l'eau puisque, comme on l'a vu, le rapport e/m varie indépendamment de la variété durant ces phases.

Ce système de représentation — matière sèche et eau relatives sur somme de K — permet donc de ramener les graphiques de maturation des deux variétés en 1954 à un seul pendant les deux grandes phases I et II. Ceci met en évidence l'importance majeure des *conditions à l'origine* (poids de l'ovaire fécondé) sur le poids final du grain. C'est à leur caractère variétal — bien que certainement influencées par le milieu — et à la durée de la phase III, que le poids final du grain devrait son aspect variétal.

V. — ANALYSE DES RÉSULTATS DE L'ANNÉE 1955

Seule la variété *A. de Versailles* a pu être étudiée. Deux semis ont été effectués, les 30 mars et 13 avril. Ils ont fleuri respectivement les 18 et 25 juin. Le coup de chaleur des 17 et 18 juillet a donc atteint le semis le plus précoce en fin de maturité, l'autre en pleine maturation. Le poids final des amandes a été, dans les deux cas, très inférieur à celui de 1954.

Date du semis	Poids de 1000 amandes	Différence p. 100 1954
20/3/1954	26,25	
30/3/1955	20,80	— 20,8
13/4/1955	19,00	— 27,6

L'aspect des amandes comme des grains vêtus traduisait un fort échaudage.

A. — Caractéristiques générales des courbes de maturation.

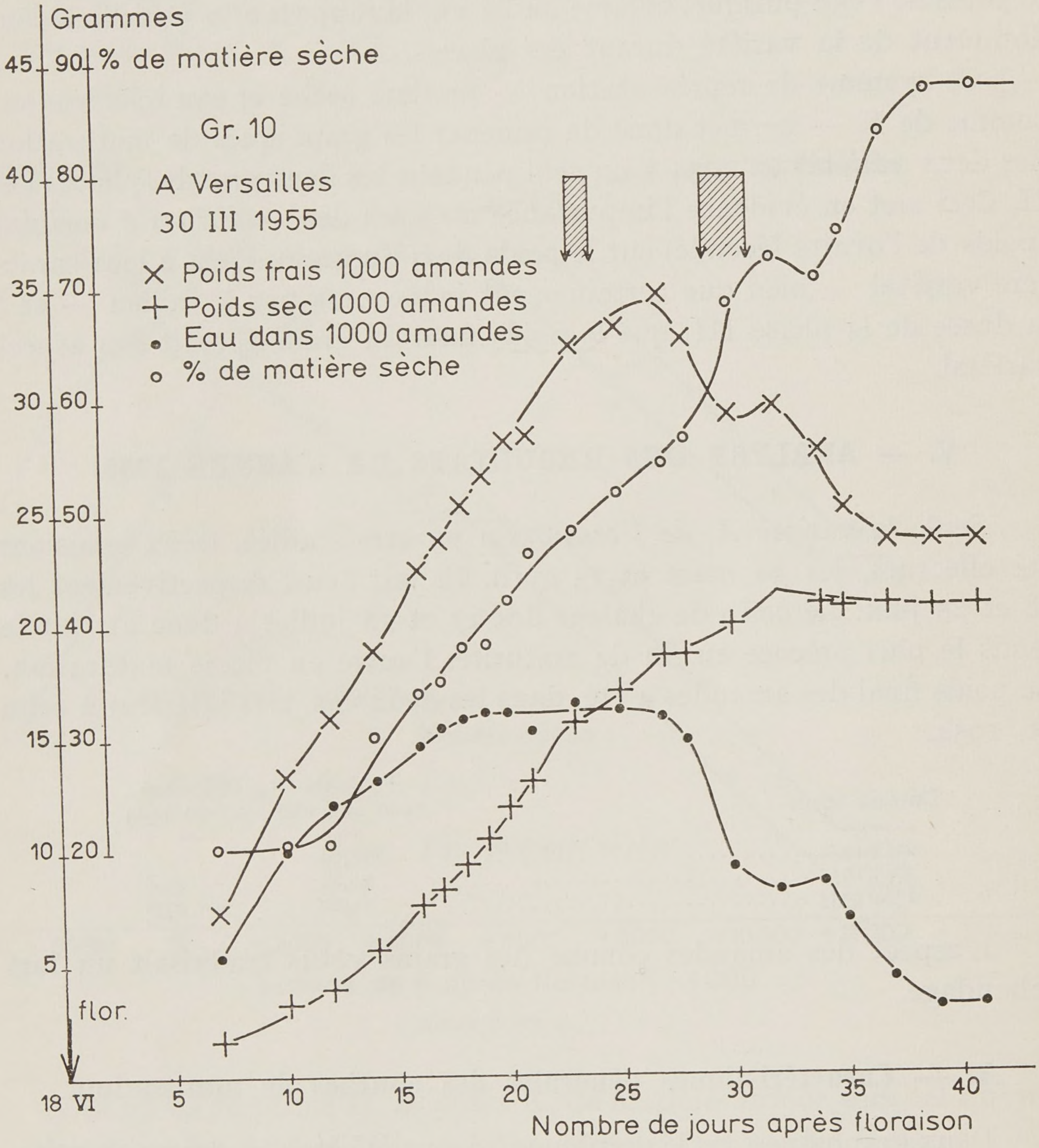
Deux graphiques, tel le graphique 10, ont été établis comme en 1954. Sur le semis du 30 mars, on observe, de même que l'année précédente :

— l'existence d'un « palier » de poids d'eau d'une dizaine de jours ;

— ce palier débute et s'achève pour des teneurs en matière sèche respectivement de 38 p. 100 et 54 p. 100, chiffres voisins de ceux de 1954.

Néanmoins, postérieurement au coup de chaleur des 17 et 18 juillet, la courbe d'eau apparaît fortement perturbée chez les deux semis. Quelles

que soient les perturbations hydriques subies on peut émettre l'hypothèse que, comme en 1954, l'accumulation de la matière sèche passe par une succession de phases où la croissance serait d'allure exponentielle. Les poids de matière sèche et d'eau ont donc été exprimés en logarithmes et portés sur trois graphiques, l'un ayant pour abscisse les jours, l'autre la

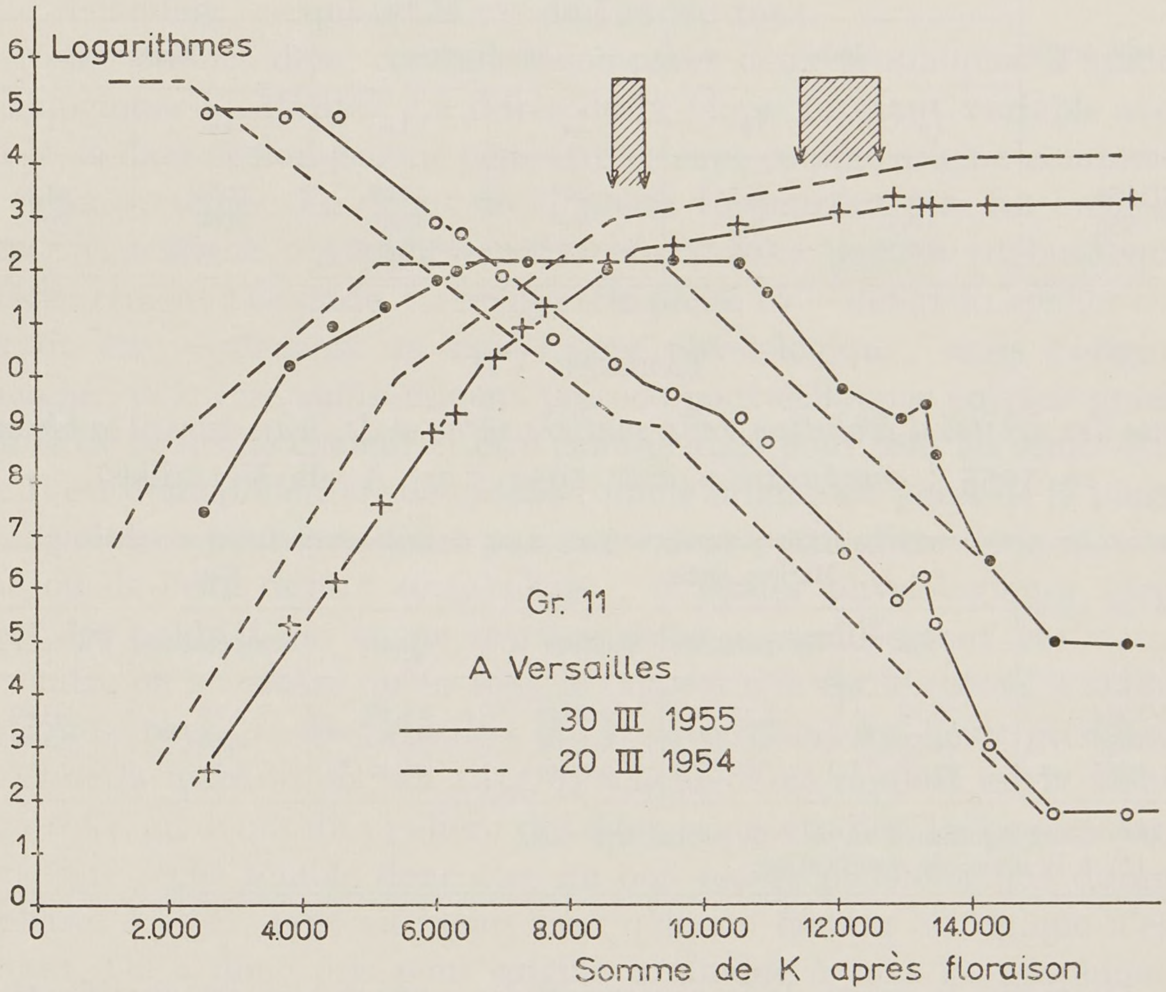


Graphique 10.

somme des températures, le troisième (graphique 11) la somme des valeurs de K comptée depuis la floraison.

Le graphique 1954, porté en pointillé, permet de comparer les deux années. On constate d'abord un décalage entre les graphiques 1955 et 1954 : quelle que soit l'unité de référence, la phase I est plus longue en 1955 (tableau V).

Le décalage le plus faible est cependant obtenu avec pour référence le facteur K. Il est également plus faible pour le second semis que pour le premier. Un des résultats de GESLIN et JONARD, relatif au blé d'hiver, se trouverait donc infirmé chez l'avoine de printemps : la durée de la phase I varierait avec les conditions de l'année et du semis, conditions qui restent à élucider. Un examen plus complet du semis du 30 mars, seul analysable à cet égard, montre que la durée de la phase I*a* a été seule modifiée (tableau VI) : l'écart observé sur la durée de la phase I*b* est de l'ordre de l'erreur expérimentale.



GRAPHIQUE 11.

TABLEAU V

Variation de la durée de la phase I avec l'année.

Date du semis	Unité de référence		
	Jour	Température	Facteur K
20/3/1954	12,5	232°	5200
30/3/1955	18,0	320°	6720
Δ % 1954	+ 44 %	+ 38 %	+ 29 %
13/4/1955	16,5	297°	6380
Δ % 1954	+ 32 %	+ 28 %	+ 23 %

Durant cette même phase I, les pentes des droites relatives à l'eau et au poids sec sont pour les deux semis inférieures à celles de 1954. Cependant, lorsque la somme des valeurs de K est prise pour référence, les différences observées ne sont plus significatives au seuil de probabilité 0,05 (tableau VII).

TABLEAU VI

Variations annuelles comparées des phases Ia et Ib.

Date du semis	Unité de référence					
	Jour		Température		Facteur K	
	I *a*	I *b*	I *a*	I *b*	I *a*	I *b*
20/3/1954	4	8,5	80°	152°	2080	3120
30/3/1955	10,5	7,5	180°	140°	3760	2960
Δ % 1954	+ 162 %	— 11,8 %	+ 125 %	— 6,7 %	+ 91 %	+ 5,1 %

TABLEAU VII

Pente des droites d'évolution de la matière sèche et de l'eau durant la phase I en 1955 : *comparaison avec* 1954 (*var.* A. de Versailles).

Date du semis	Matière sèche			Eau		
	Jour	Température	Facteur K	Jour	Température	Facteur K
20/3/1954	76,23	4,57	0,2047	43,36	2,70	0,120
30/3/1955	64,59 (*)	3,91 (**)	0,1764	30,80 (**)	2,10 (**)	0,101
13/4/1955	63,98 (*)	3,62 (**)	0,1640	38,30 (*)	2,50	0,110

(**) Écart significatif au seuil de probabilité 0,05.
(*) A la limite de signification.

De même la pente de la régression du rapport e/m est significativement plus forte quand on prend pour référence les jours et sensiblement la même quand on prend la somme des températures ou des valeurs de K.

Les caractéristiques de la phase I*b* sont donc les mêmes qu'en 1954 lorsqu'on les évalue en somme des valeurs de K.

Les phases suivantes présentent par contre des différences plus ou moins accusées. Si l'on distingue encore les phases de croissance dans le semis du 30 mars, celui du 13 avril fait apparaître, postérieurement à chaque coup de chaleur, une succession de ralentissements puis de reprises de la croissance, signes probables d'un échaudage. Chez les deux semis enfin, on remarque, comme l'ont signalé divers auteurs cités plus haut, une légère régression du poids sec une fois le maximum atteint.

B. — Mise en évidence du processus d'échaudage.

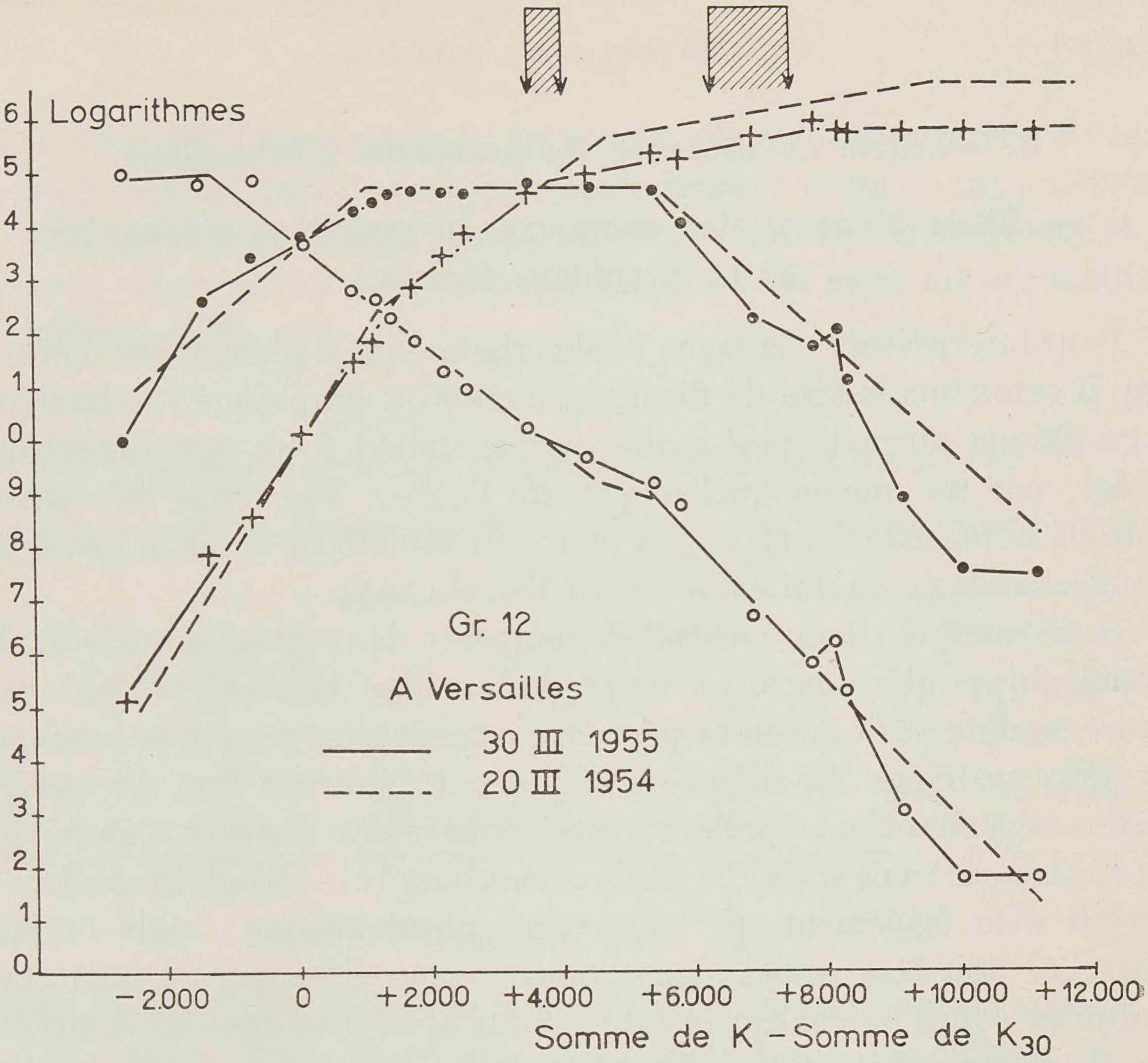
1. — Choix d'une origine commune au graphique d'échaudage et au graphique témoin.

Pour interpréter de la façon la plus rigoureuse le phénomène d'échaudage, il serait nécessaire de disposer, à côté du graphique d'échaudage, du graphique normal, c'est-à-dire correspondant à un semis identique, protégé, par un moyen quelconque, de l'action des coups de chaleur. Faute de le posséder, nous avons pris pour témoin un semis n'ayant pas subi d'échaudage, ce qui est le cas de l'année 1954.

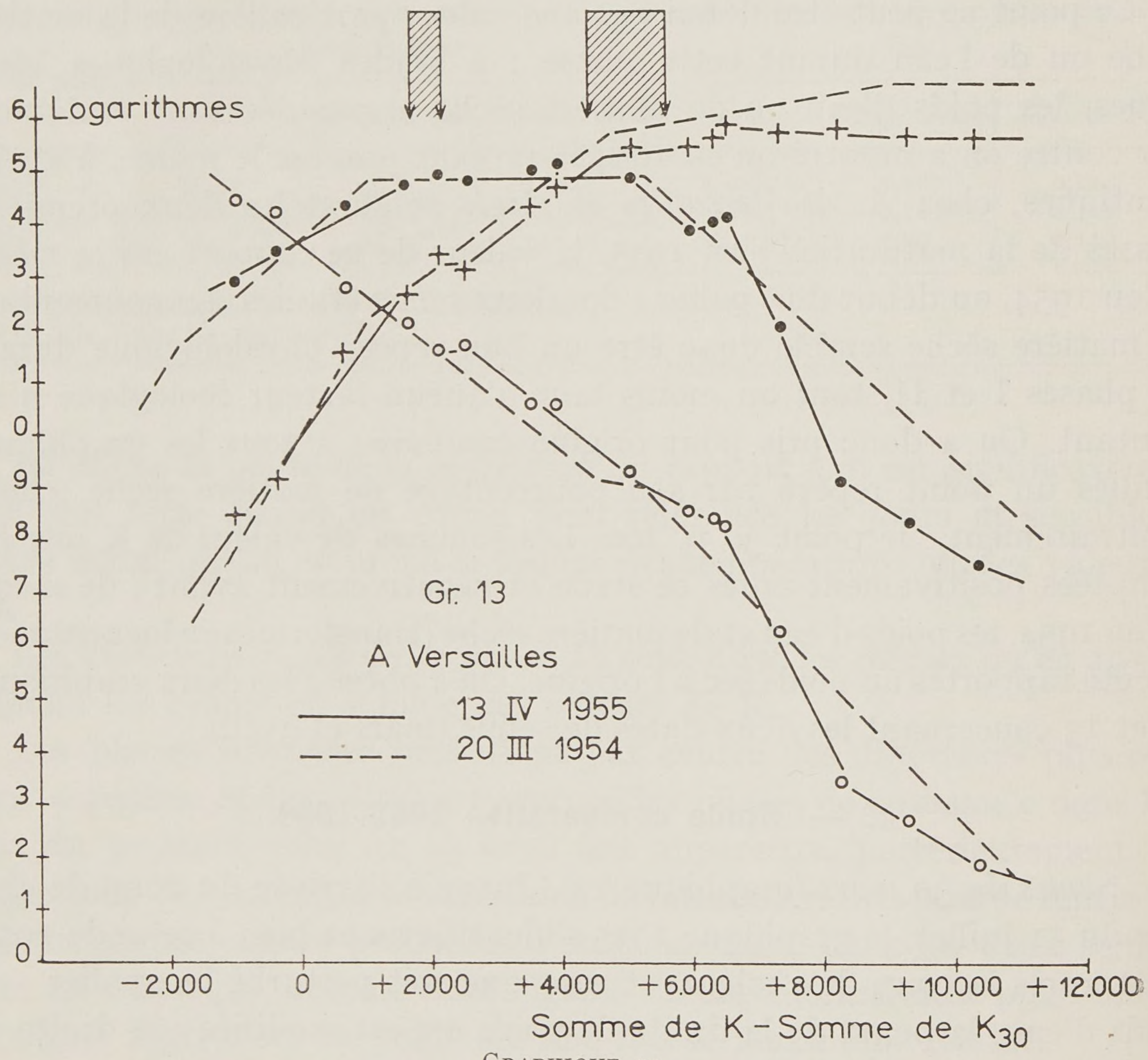
Nous sommes donc conduit à comparer deux graphiques à stades physiologiques identiques. La durée de la phase I*a* étant variable avec l'année, la date de floraison ne peut être retenue comme origine commune aux deux systèmes. Le début de la phase I*b* pourrait être un meilleur repère ; cependant nos prélèvements n'ont assez souvent débuté que postérieurement à ce stade. La fin de cette phase I*b* — début du « palier » — pourrait être également un bon repère physiologique ; mais l'origine recherchée doit être suffisamment précoce pour échapper au plus grand nombre de coups de chaleur et être connue ainsi pour tous les semis étudiés. Il est donc préférable de choisir comme origine un point de la phase I*b*. Ce point ne peut être défini par une valeur particulière de la matière sèche ou de l'eau durant cette phase : à stades physiologiques identiques, les poids d'eau ou de matière sèche accumulée sont variétaux. Par contre on a montré qu'en 1954 le rapport e/m est le même, à stades identiques, chez *A. de Versailles* et *Aigle* pendant les deux premières phases de la maturation ; en 1955, la valeur de ce rapport est la même qu'en 1954, au début du « palier » des deux semis étudiés. Le pourcentage de matière sèche semble donc être un bon repère physiologique durant les phases I et II, tout au moins tant qu'aucun facteur écologique n'est limitant. On a donc pris pour origine commune à tous les graphiques étudiés un point repéré par son pourcentage de matière sèche, choisi arbitrairement : le point 30 p. 100. Les sommes de valeur de K ont été comptées positivement après ce stade et négativement avant ; de même qu'en 1954, les poids d'eau et de matière sèche (transformés en logarithmes) ont été rapportés au poids sec à l'origine. On a obtenu les deux graphiques 12 et 13 concernant les deux dates de semis (mars et avril).

2. — Etude comparative 1955-1954.

Semis du 30 mars (graphique 12). Jusqu'à l'arrivée du coup de chaleur du 11 juillet, le graphique 1955 s'identifie assez bien à celui de 1954. Sitôt après le coup de chaleur, et sans que soit perturbé le « palier » de poids d'eau, la pente de la droite de poids sec est modifiée : la droite de



GRAPHIQUE 12.



GRAPHIQUE 13.

croissance devient parallèle à celle de la phase III en 1954. Le rapport e/m devient donc momentanément supérieur à la normale.

Lors du second coup de chaleur, la régression de l'eau, déjà commencée, est accélérée sans que l'évolution de la matière sèche soit modi fiée immédiatement ; le rapport e/m est redevenu identique à celui de 1954. Après le coup de chaleur, l'eau reprend momentanément une valeur voisine de celle de 1954, puis régresse très rapidement. A ce moment, le poids sec ne s'accroît plus. Le rapport e/m est anormalement bas.

Semis du 13 *avril* (graphique 13). Comme pour le premier semis, le coup de chaleur du 11 juillet n'affecte pas le « palier » de poids d'eau. Cependant l'accumulation de la matière sèche se ralentit notablement pour reprendre une vitesse identique à sa vitesse normale en phase II ; corrélativement, le rapport e/m subit un décrochage vers des valeurs supérieures puis suit une parallèle à la droite théorique.

Lors du second coup de chaleur, l'eau semble régresser légèrement plus tôt qu'elle n'aurait dû ; l'évolution du poids sec est considérablement ralentie. Les fortes températures une fois passées, l'eau reprend momentanément une valeur normale puis régresse très rapidement dès que le poids sec maximum est atteint. Le rapport e/m, comme au premier semis, tombe alors à des valeurs anormalement basses.

3. — **Conclusions.**

Bien que très limités, les résultats de l'année 1955 permettent de formuler quelques remarques :

— La bonne coïncidence des graphiques jusqu'à l'arrivée des premières fortes températures vérifie les résultats essentiels de 1954.

— Une température un peu inférieure à 30°C à 2 mètres sous abri pendant 24 heures peut perturber la maturation de l'amande sans troubler le « palier » de poids d'eau.

— L'évolution de l'eau comme de la matière sèche peut être perturbée après le « palier » de poids d'eau.

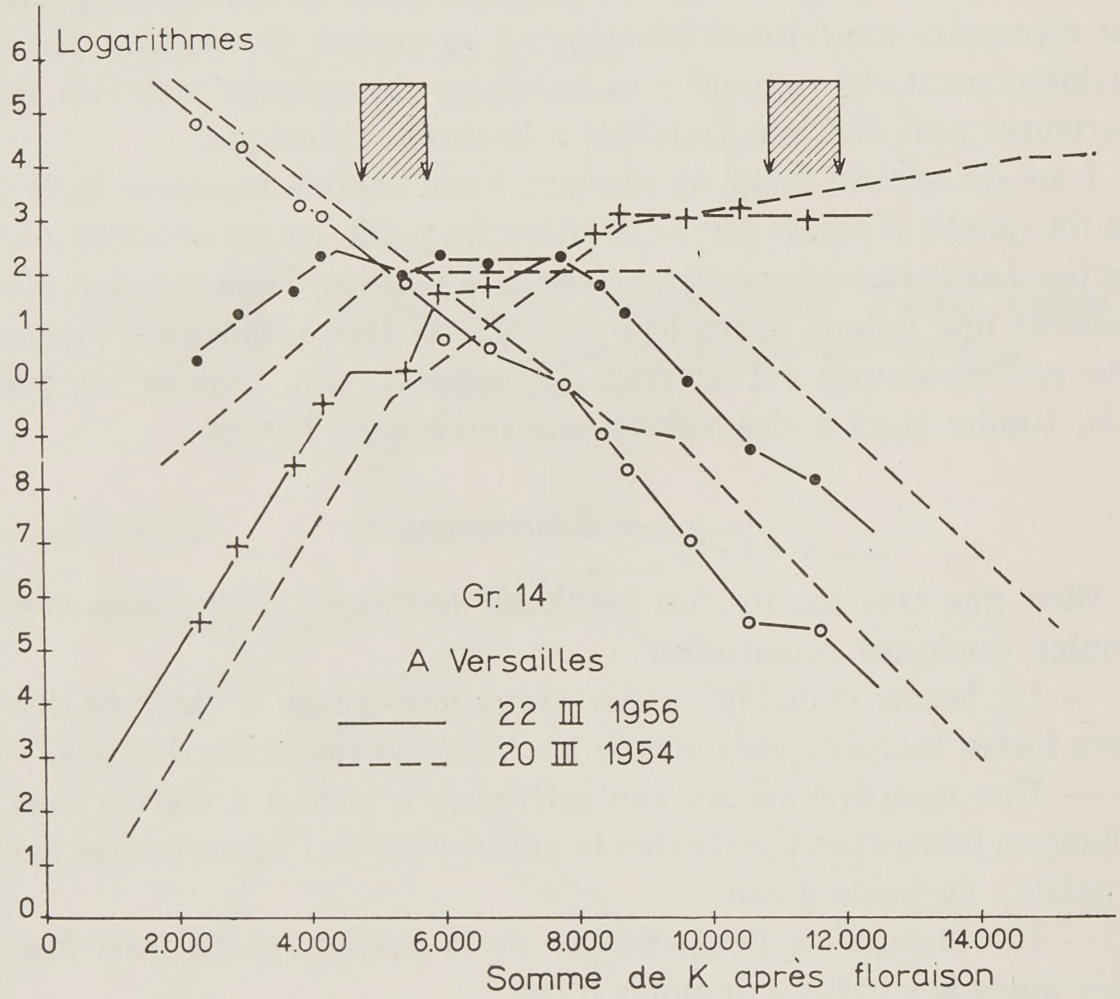
— Enfin, tant qu'il y a croissance de la matière sèche, les modifications observées sur le rapport e/m le portent toujours à des valeurs supérieures à la normale.

VI. — ANALYSE DES RÉSULTATS DE L'ANNÉE 1956

Trois variétés, *A. de Versailles*, *Starlette de Moyencourt* et *Aigle* ont été étudiées en deux dates de semis ; 22 mars et 16 avril. Les dates de floraison des différentes variétés et les poids de 1000 amandes à la récolte ont été les suivants :

	Semis du 22 mars			Semis du 16 avril		
	Floraison	Poids de 1000 amandes	Différence % 1954	Floraison	Poids de 1000 amandes	Différence % 1954
Starlette M....	13 Juin	20,5 gr	—	24 Juin	22,8 gr	—
A. Versailles...	26 Juin	20,2 gr	— 23,0	30 Juin	25,0 gr	— 4,75
Aigle..........	27 Juin	25,6 gr	— 12,8	1 Juillet	29,0 gr	— 1,2

Les poids de 1 000 amandes observés chez *A. de Versailles* et *Aigle* sont inférieurs à ceux relevés en 1954 et plus faibles pour le premier semis que pour le second ; l'aspect des grains traduit un certain échaudage, conséquence probable des coups de chaleur des 8-9 juillet et 26-27 juillet.



GRAPHIQUE 14.

A. — Caractéristiques générales des courbes de maturation.

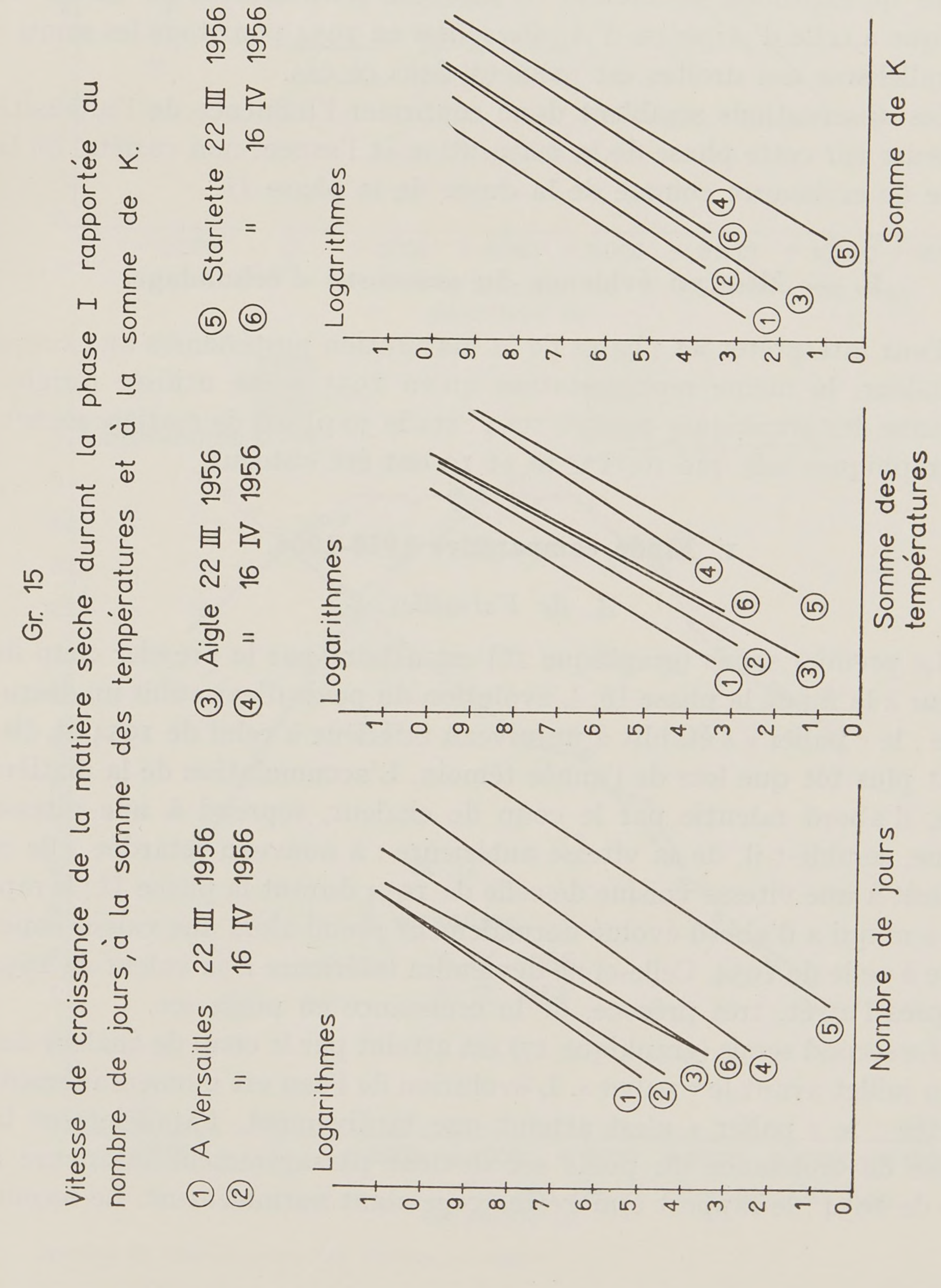
Les logarithmes du poids de matière sèche, d'eau et du rapport e/m, relatifs à chaque traitement, ont été portés sur des graphiques ayant pour abscisses soit les jours, soit les sommes des températures, soit les sommes de valeur de K comptées à partir de la floraison ; en pointillé on a porté aussi le graphique 1954. Des graphiques tels que 14 ont été obtenus.

A l'exception du semis du 22 mars de la variété la plus précoce

Tableau VIII

Durée des phases Ia et Ib de Starlette, semis du 22 mars 1956, et d'A. de Versailles, *semis du 20 mars 1954.*

	Jours			Température			Facteur K		
	I *a*	I *b*	I	I *a*	I *b*	I	I *a*	I *b*	I
A. Versailles 1954	13	8,5	12,5	80	152	232	2080	3120	5200
Starlette 1956........	4	8,5	21,5	170	144	314	2600	3040	6640
Différence % A. Versailles.........	+ 225	o	+ 72	+ 112	— 5,3	+ 35,4	+ 72,5	— 2,6	+ 27,7



Graphique 15.

(Starlette), tous les autres ont été atteints par le premier coup de chaleur durant la phase I. La durée de cette phase ne peut donc être déterminée que pour un seul semis (tableau VIII)

On constate qu'à dates de semis identiques, la durée de la phase I*a* de la variété *Starlette*, en 1956, est supérieure à celle d'*A. Versailles* mesurée en 1954. Par contre la phase I*b* est de même durée. La constance de cette caractéristique, déjà observée en 1955 se trouve ici confirmée. On vérifie de plus que les écarts les plus faibles sur la durée de la phase I*a* sont obtenus en somme des valeurs de K.

La vitesse de croissance de la matière sèche au cours de la phase I peut, par contre, être étudiée pour tous les semis. Le graphique 15 montre qu'exprimée en facteur K elle est sensiblement la même et identique à celle d'*Aigle* ou d'*A. Versailles* en 1954 pour tous les semis : le parallélisme des droites est meilleur dans ce cas.

Ces observations semblent donc confirmer l'influence de l'intensité lumineuse sur cette phase de la maturation et l'aspect non variétal de la vitesse de croissance comme de la durée de la phase *Ib*.

B. — Mise en évidence du processus d'échaudage.

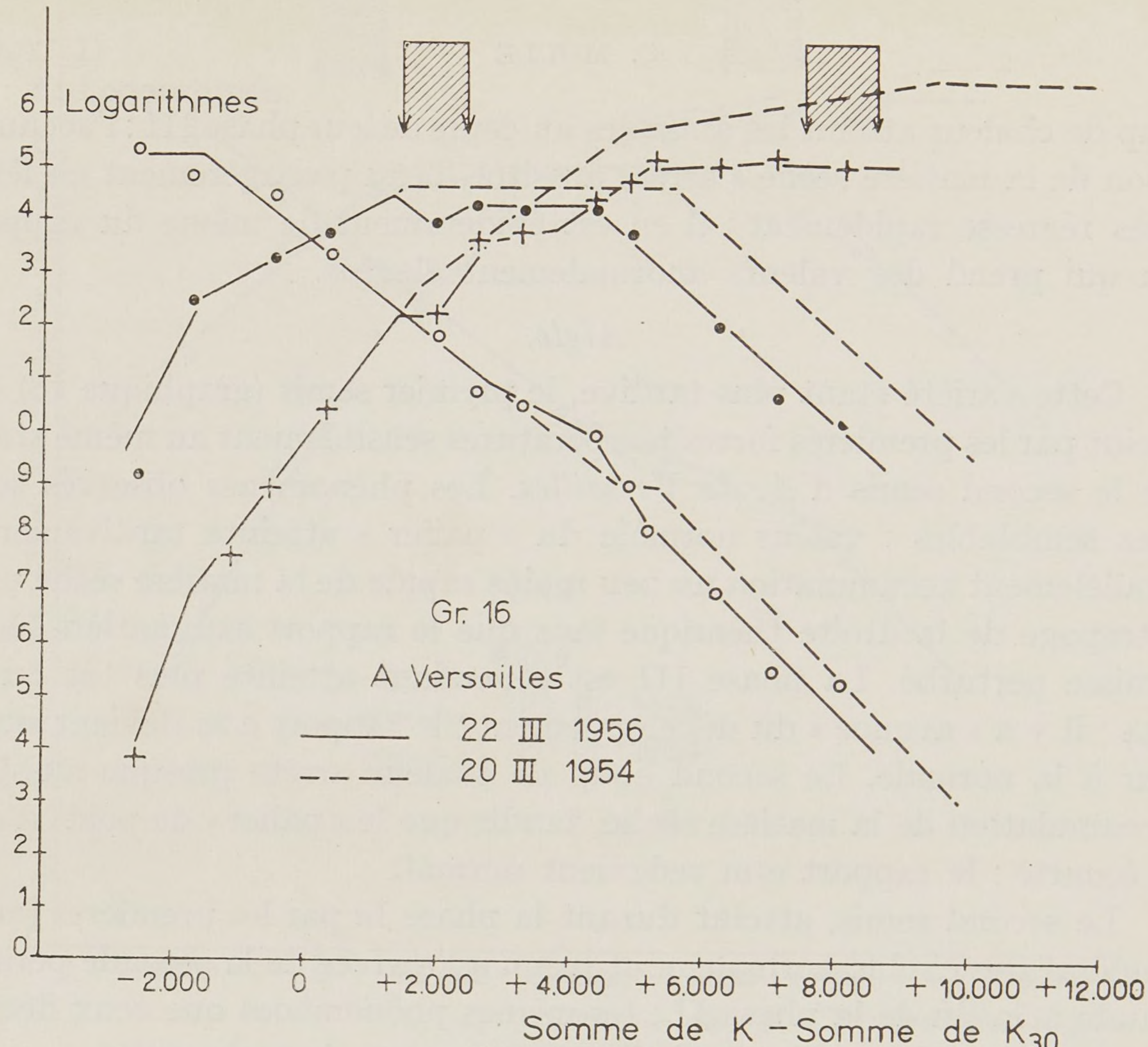
Pour interpréter les phases de la maturation postérieures aux coups de chaleur, la même représentation qu'en 1955 a été utilisée (origine commune des graphiques 1956 et 1954 : stade 30 p. 100 de matière sèche). Six graphiques tels que 16, 17, 18 et 19 ont été obtenus.

1. Étude comparative 1956-1954.

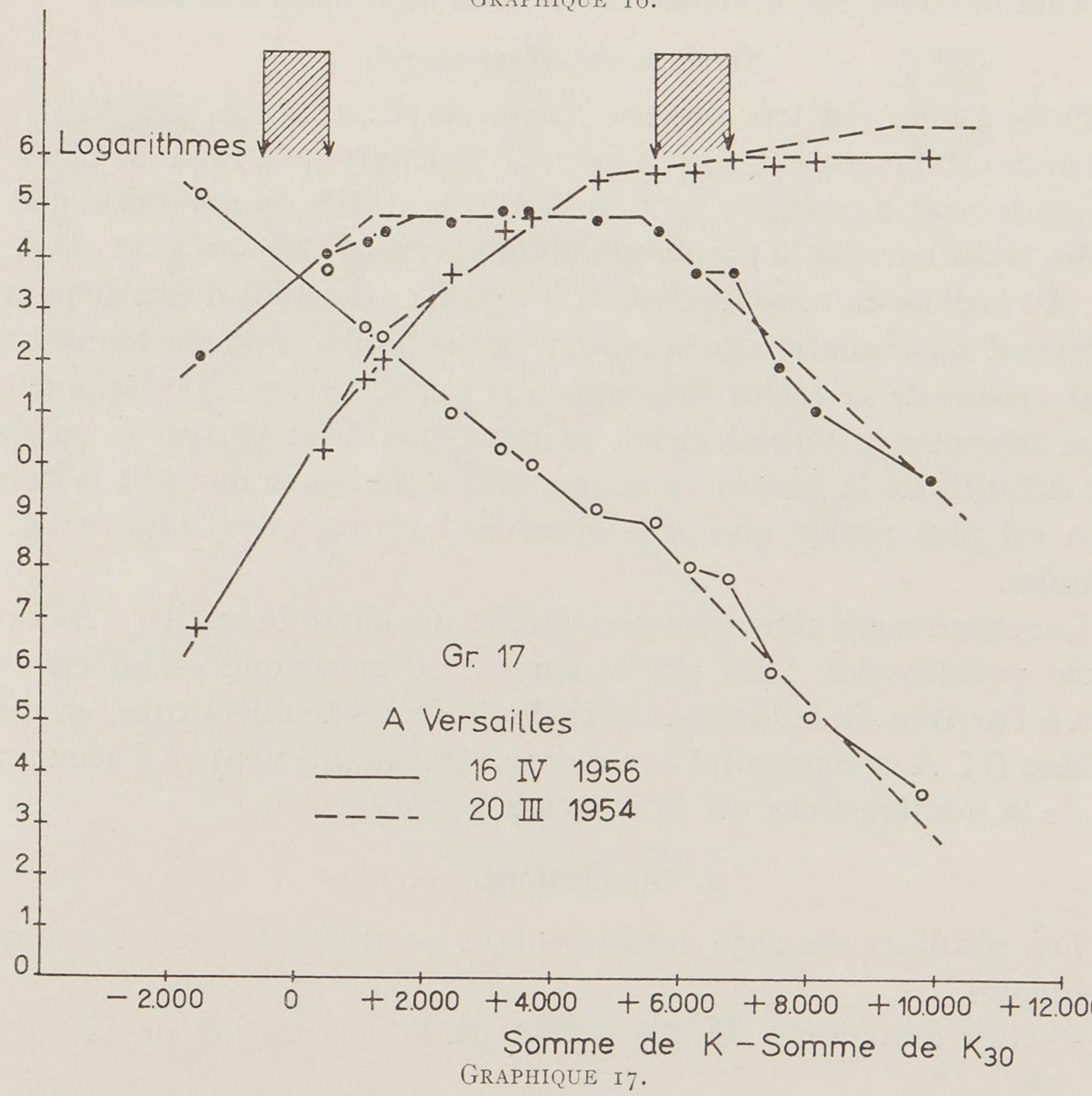
A. de Versailles.

Le premier semis (graphique 16) est atteint par le premier coup de chaleur à la fin de la phase I*b*. L'évolution du poids d'eau subit un décrochage ; le « palier » s'établit à un niveau inférieur à celui de 1954 et disparaît plus tôt que lors de l'année témoin. L'accumulation de la matière sèche, d'abord ralentie par le coup de chaleur, reprend à une vitesse voisine, semble-t-il, de sa vitesse antérieure ; à nouveau retardée, elle se poursuit à une vitesse voisine de celle de 1954 durant la phase II ; le rapport e/m qui a d'abord évolué normalement prend alors une valeur supérieure à celle de 1954. Celle-ci ne deviendra inférieure à sa valeur de 1954 qu'après l'arrêt, très précoce, de la croissance en poids sec.

Le second semis (graphique 17) est atteint par le coup de chaleur des 8 et 9 juillet avant le « palier ». L'évolution de l'eau est momentanément affectée : le « palier » n'est atteint que tardivement. Parallèlement la vitesse de croissance du poids sec devient passagèrement inférieure à celle de 1954 ; le rapport e/m évolue cependant normalement. Le second



GRAPHIQUE 16.



GRAPHIQUE 17.

coup de chaleur atteint les amandes au cours de leur phase III : l'accumulation de la matière sèche s'arrête aussitôt, l'eau passagèrement en léger excès régresse rapidement ; il en est évidemment de même du rapport e/m qui prend des valeurs anormalement élevées.

Aigle.

Cette variété étant plus tardive, le premier semis (graphique 18) est atteint par les premières fortes températures sensiblement au même stade que le second semis d'*A. de Versailles*. Les phénomènes observés sont assez semblables : valeur normale du « palier » atteinte tardivement ; parallèlement accumulation un peu moins rapide de la matière sèche puis rattrapage de la droite théorique sans que le rapport eau/matière sèche paraisse perturbé. La phase III est cependant atteinte plus tôt qu'en 1954 : il y a « avance » du développement ; le rapport e/m devient supérieur à la normale. Le second coup de chaleur arrête presque aussitôt l'accumulation de la matière sèche, tandis que le « palier » de poids d'eau est écourté ; le rapport e/m redevient normal.

Le second semis, atteint durant la phase I*a* par les premières fortes températures évolue normalement jusqu'à l'arrivée de la seconde période chaude à la fin de la phase II ; les mêmes phénomènes que ceux décrits au même moment sur le semis du 22 mars sont alors observés.

Starlette de Moyencourt.

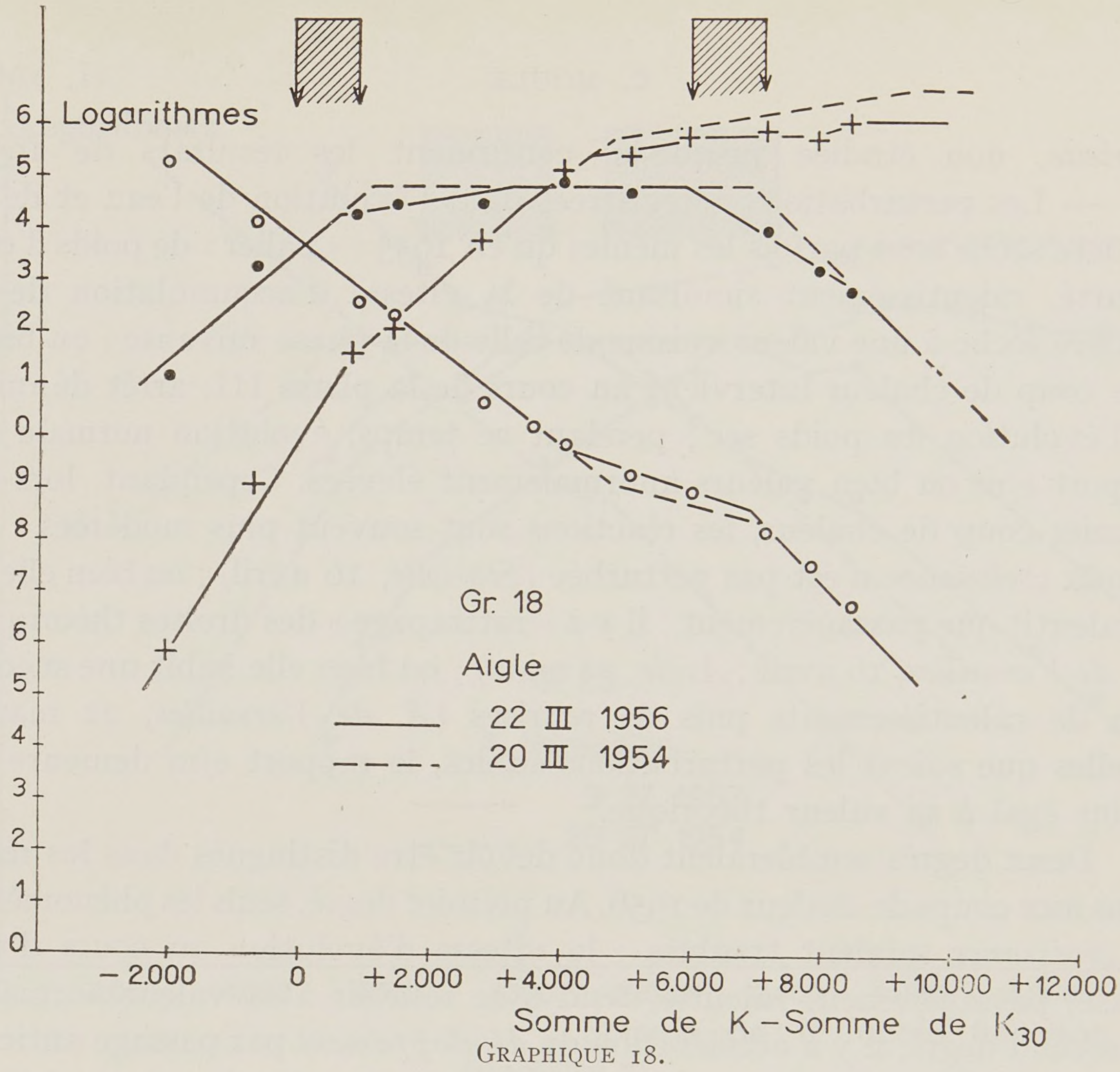
Cette avoine est très précoce. Le semis du 22 mars (graphique 19) n'est donc atteint par le premier coup de chaleur qu'à la fin de sa phase II. Antérieurement à ce stade, les points représentatifs du poids d'eau et de matière sèche suivent le graphique obtenu avec *A. Versailles* et *Aigle* en 1954. A l'arrivée du coup de chaleur le « palier » de poids d'eau disparaît ; la vitesse d'accumulation de la matière sèche tombe en même temps à une valeur voisine de sa valeur théorique à la phase suivante. Le rapport e/m évolue néanmoins normalement ; sa régression n'est perturbée qu'après arrêt définitif de la croissance en matière sèche : à ce moment la dessiccation est plus rapide que celle observée en 1954 chez *Aigle* et *A. de Versailles*.

Le second semis atteint en premier lieu au début du « palier », n'accuse aucune perturbation : les points suivent le graphique établi en 1954 jusqu'à l'arrivée de la seconde période de fortes températures, en cours de phase III. A ce moment, l'eau régresse très rapidement et, l'accumulation de la matière sèche est brusquement arrêtée.

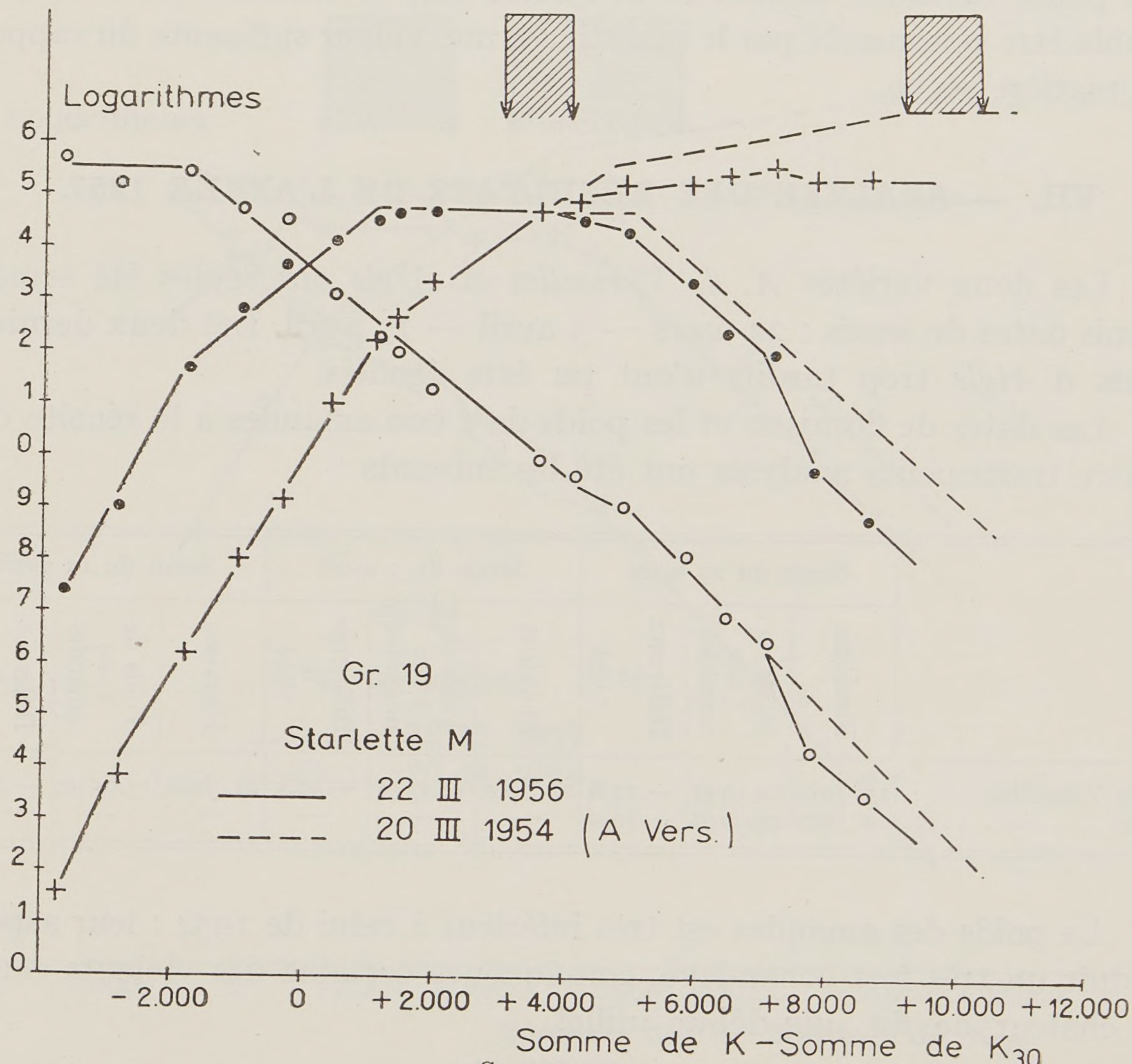
2. **Conclusions.**

Les résultats de 1956 confirment et complètent ceux des années précédentes.

— Les graphiques de l'évolution de la maturation de la variété



GRAPHIQUE 18.



GRAPHIQUE 19.

Starlette, non étudiée jusque-là, confirment les résultats de 1954.

— Les perturbations enregistrées dans l'évolution de l'eau et de la matière sèche sont parfois les mêmes qu'en 1955 : « palier » de poids d'eau écourté, ralentissement simultané de la vitesse d'accumulation de la matière sèche à une valeur voisine de celle de la phase suivante ; ou bien, si le coup de chaleur intervient au cours de la phase III, arrêt définitif de l'évolution du poids sec ; pendant ce temps, évolution normale du rapport e/m ou bien valeurs anormalement élevées. Cependant, lors du premier coup de chaleur, les réactions sont souvent plus modérées : ou bien la croissance n'est pas perturbée (*Starlette,* 16 avril) ; ou bien elle ne se ralentit que passagèrement : il y a « rattrapage » des droites théoriques (*A. de Versailles,* 16 avril ; *Aigle,* 22 mars) ; ou bien elle subit une succession de ralentissements puis de reprises (*A. de Versailles,* 22 mars). Quelles que soient les perturbations subies, le rapport e/m demeure au moins égal à sa valeur théorique.

Deux degrés sembleraient donc devoir être distingués dans les réactions aux coups de chaleur de 1956. Au premier degré, seuls les phénomènes de *croissance* seraient troublés : la vitesse d'évolution au cours d'une phase, passagèrement ralentie, tend à se rétablir à sa valeur normale ; au second degré, il y a accélération du *développement* par passage anticipé à la phase suivante. Dans l'un et l'autre cas, le ralentissement observé semble être commandé par le maintien à une valeur suffisante du rapport eau/matière sèche.

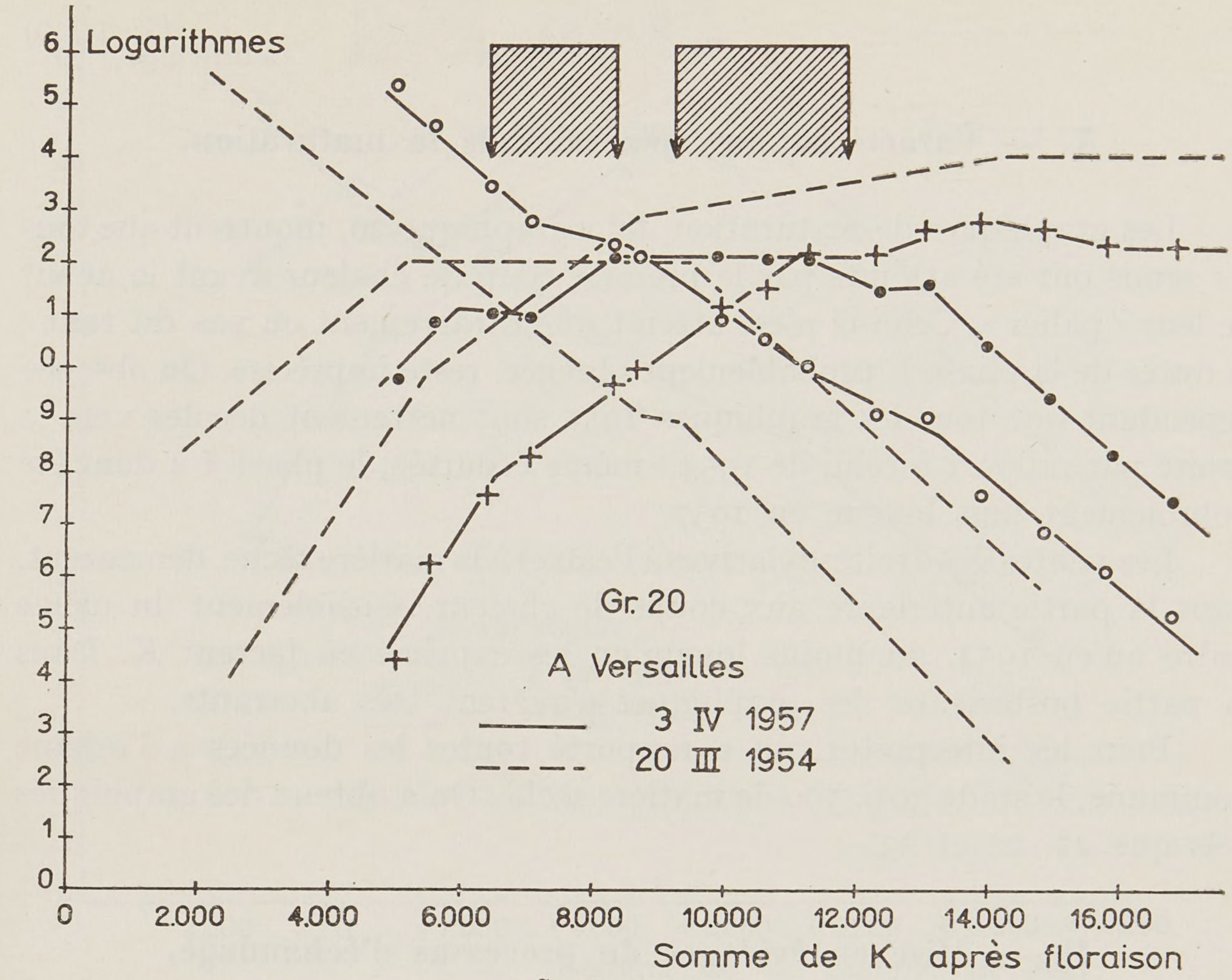
VII. — ANALYSE DES RÉSULTATS DE L'ANNÉE 1957.

Les deux variétés *A. de Versailles* et *Aigle* ont seules été semées à trois dates de semis : 22 mars — 3 avril — 13 avril. Les deux derniers semis d'*Aigle* trop tardifs n'ont pu être étudiés.

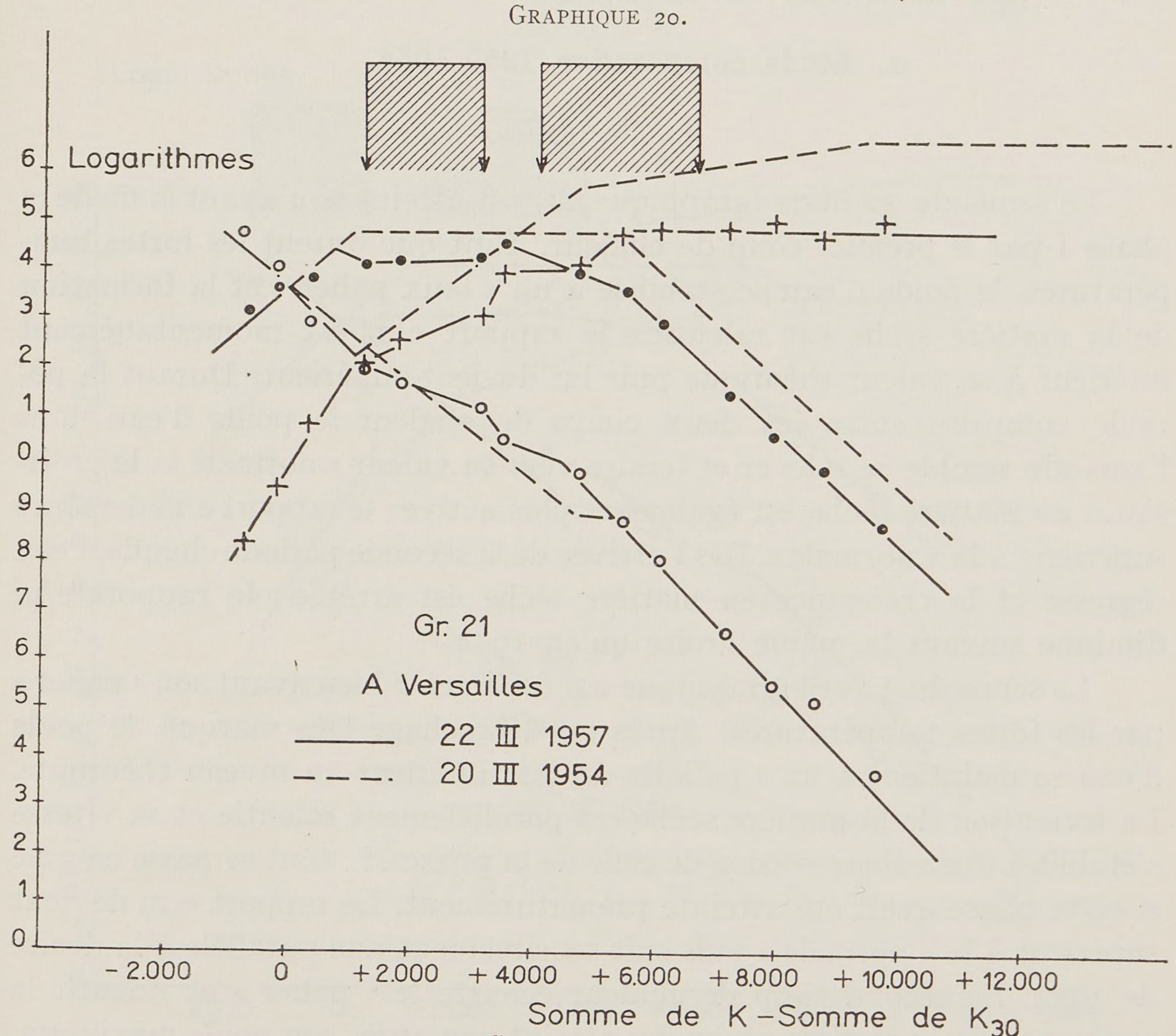
Les dates de floraison et les poids de 1 000 amandes à la récolte des quatre traitements analysés ont été les suivants :

	Semis du 22 mars			Semis du 3 avril			Semis du 13 avril		
	Floraison	Poids de 1 000 amandes	Différence % 1 954	Floraison	Poids de 1 000 amandes	Différence % 1 954	Floraison	Poids de 1 000 amandes	Différence % 1 954
A. de Versailles	15 Juin	20,30 gr	— 22,8	18 Juin	18,25 gr	— 30,5	21 Juin	17,65 gr	— 32,8
Aigle................	22 Juin	17,00 gr	— 42,0	—	—	—	—	—	—

Le poids des amandes est très inférieur à celui de 1954 : leur aspect traduit un très fort échaudage, conséquence certaine des violents coups de chaleur de fin juin-début juillet.



GRAPHIQUE 20.



GRAPHIQUE 21.

A. — Caractéristiques générales de la maturation.

Les graphiques de maturation, tel le graphique 20, montrent que tous les semis ont été atteints par le premier coup de chaleur avant le début de leur « palier ». Celui-ci n'est atteint que tardivement ou pas du tout ; la durée de la phase I, probablement abrégée, reste imprécise. On observe cependant que tous les graphiques 1957 sont nettement décalés vers la droite par rapport à celui de 1954 : même écourtée, le phase I a donc été notablement plus longue en 1957.

Les pentes des droites relatives à l'eau et à la matière sèche, demeurent, dans la partie antérieure aux coups de chaleur, sensiblement du même ordre qu'en 1954, du moins lorsqu'on les exprime en facteur K. Dans la partie postérieure, les graphiques s'avèrent très aberrants.

Pour les interpréter, on a rapporté toutes les données à l'origine commune, le stade 30 p. 100 de matière sèche. On a obtenu des graphiques tels que 21, 22 et 23.

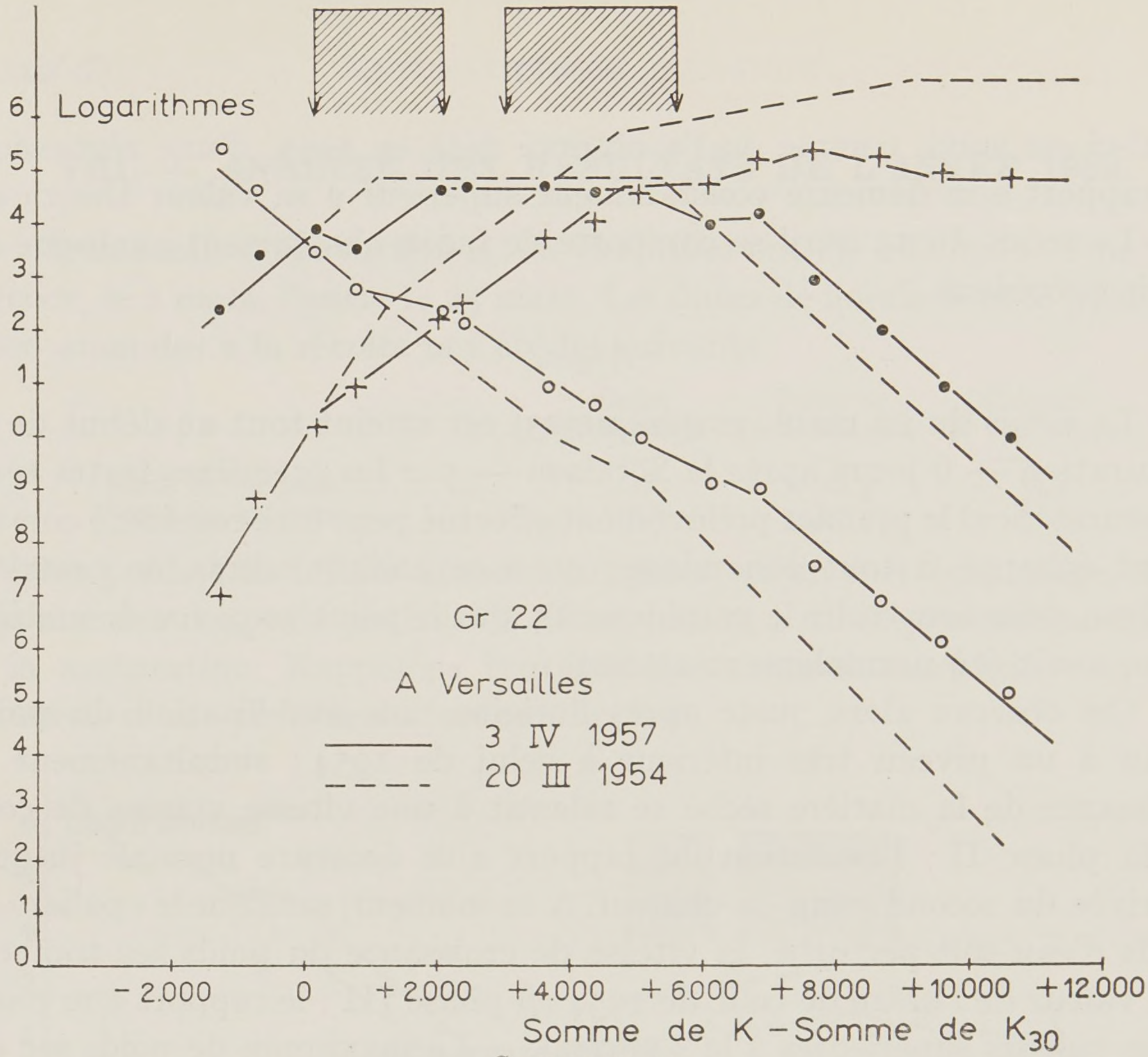
B. — Mise en évidence du processus d'échaudage.

1. Étude comparative 1957-1954.

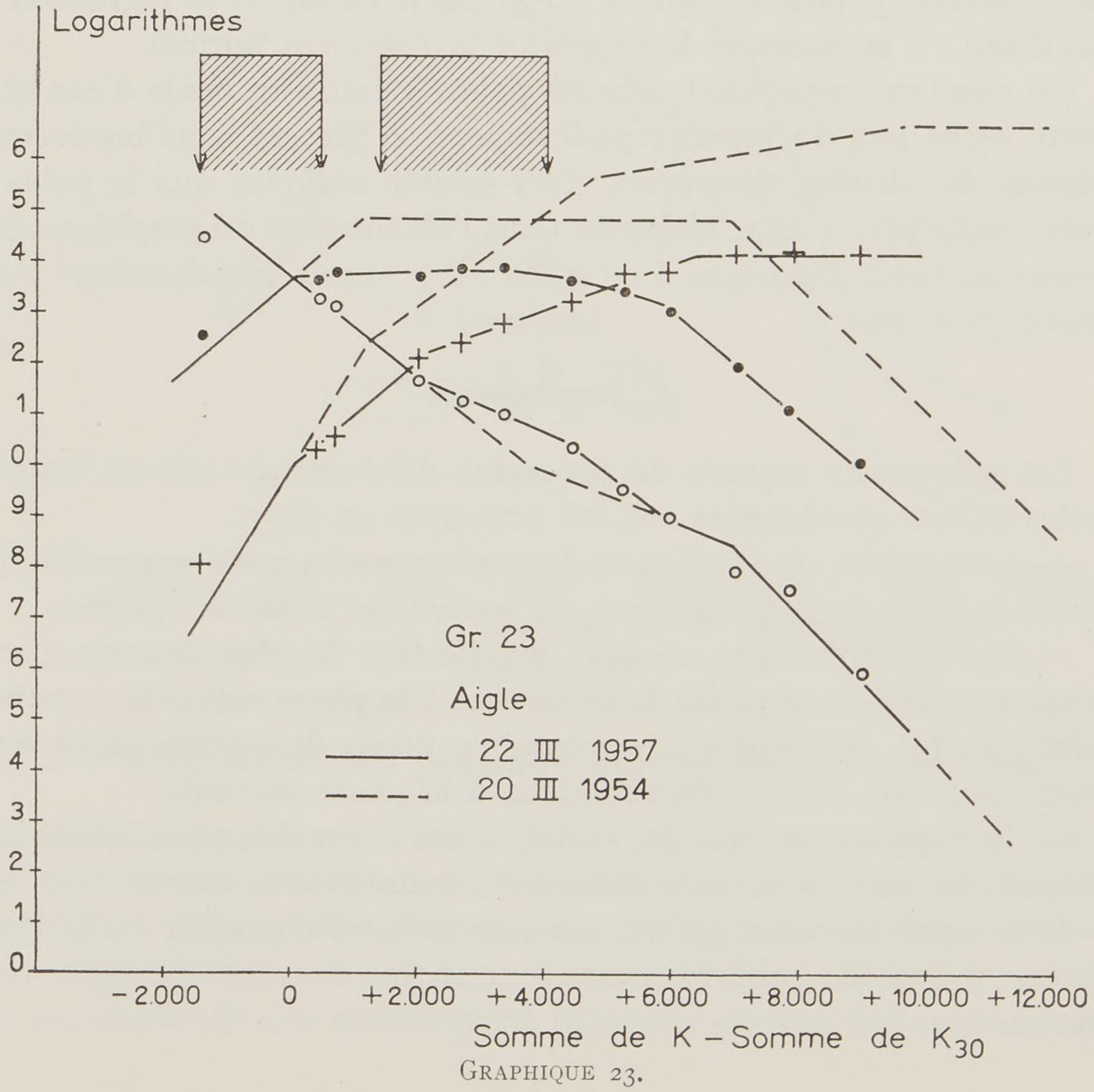
A. Versailles.

Le semis du 22 mars (graphique 21) est atteint peu avant la fin de la phase I par le premier coup de chaleur. Tant que durent les fortes températures, le poids d'eau se stabilise à un « faux palier » et la formation de la matière sèche est ralentie ; le rapport e/m est momentanément inférieur à sa valeur théorique puis lui devient supérieur. Durant la période comprise entre les deux coups de chaleur le poids d'eau dans l'amande semble se relever et tendre vers sa valeur « normale » ; la croissance en matière sèche est également plus active ; le rapport e/m demeure supérieur à la « normale ». Dès l'arrivée de la seconde période chaude, l'eau régresse et la croissance en matière sèche est arrêtée ; le rapport e/m diminue suivant la même droite qu'en 1954.

Le semis du 3 avril (graphique 22) est atteint bien avant son « palier » par les fortes températures. Après un décrochage très marqué, le poids d'eau se maintient à un « palier » un peu inférieur au niveau théorique. La formation de la matière sèche est parallèlement ralentie et sa vitesse s'établit à une valeur voisine de celle de la phase II : tout se passe comme si cette phase avait été atteinte prématurément. Le rapport e/m devient supérieur à la « normale » puis suit sensiblement une parallèle à la droite de 1954. Le second coup de chaleur écourte le « palier » et ralentit la croissance de la matière sèche qui atteint peu après son poids maximum.



GRAPHIQUE 22.



GRAPHIQUE 23.

Celui-ci est suivi, comme on l'a observé déjà en 1955, d'une régression. Le rapport e/m demeure constamment supérieur à sa valeur théorique.

Le semis du 13 avril se comporte de façon absolument analogue au semis précédent.

Aigle.

Le semis du 22 mars (graphique 23) est atteint tout au début de sa maturation — 6 jours après la floraison — par les premières fortes températures. Seul le premier prélèvement effectué peut être considéré comme ayant échappé à tout échaudage ; on a cependant admis, en première analyse, pour construire le graphique 23, que le point 30 p. 100 de matière sèche avait été normalement atteint.

On observe alors, juste après l'origine, une stabilisation du poids d'eau à un niveau très inférieur à celui de 1954 ; simultanément la croissance de la matière sèche se ralentit à une vitesse voisine de celle de la phase II ; l'évolution du rapport e/m demeure normale jusqu'à l'arrivée du second coup de chaleur. A ce moment, sans que le « palier » de poids d'eau soit perturbé, la vitesse de croissance du poids sec tombe à une valeur de l'ordre de celle de 1954 en phase III ; le rapport e/m passe à des valeurs supérieures à la « normale ». Le maximum de poids sec est atteint beaucoup plus tôt qu'en 1954, dès le début de la régression du poids d'eau ; à ce moment le rapport e/m redevient normal.

On constate, cependant, que les points relatifs au poids d'eau et de matière sèche lors du premier prélèvement se placent significativement au-dessus des droites théoriques. Ceci semble indiquer que le poids de matière sèche pris comme référence dans l'élaboration du graphique était inférieur au poids théorique à ce stade : il y aurait eu échaudage avant le point 30 p. 100.

2. **Conclusions.**

Les principaux aspects du processus d'échaudage mis en évidence lors des années précédentes ont été retrouvés en 1957.

— L'évolution de l'eau et de la matière sèche a été perturbée quel que soit le stade de la maturation, en particulier avant le « palier ».

— Les perturbations se sont manifestées le plus souvent par le passage anticipé d'une phase de croissance à la phase suivante : « palier » atteint plus tôt, inférieur à la « normale », droite de matière sèche sensiblement parallèle à la droite théorique à la phase suivante.

— Le rapport eau/matière sèche, à une exception près, évolue normalement ou bien passe momentanément à des valeurs élevées.

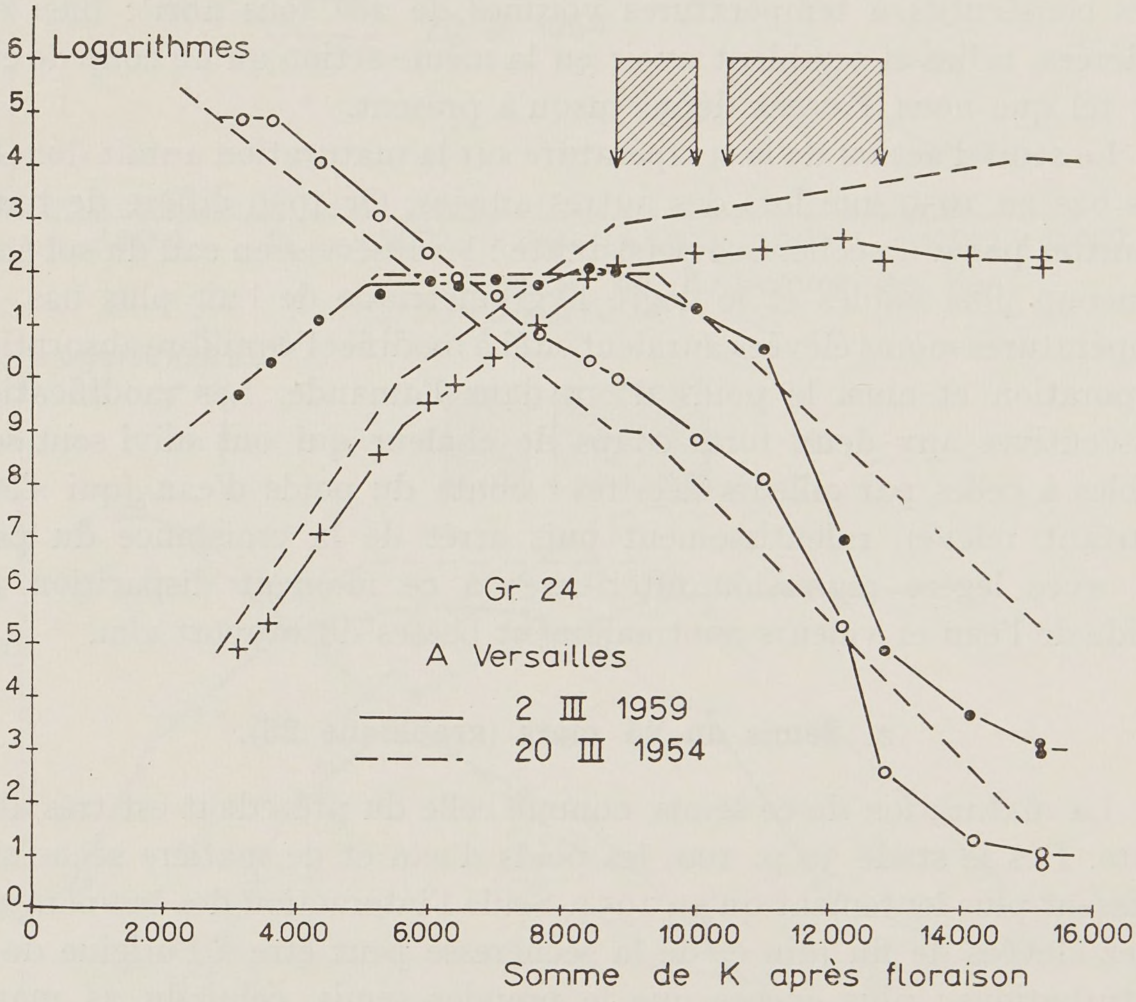
Il se confirme ainsi qu'une amande échaudée semble évoluer plus rapidement tout en gardant une teneur en eau normale ou même excédentaire.

VIII. — ANALYSE DES RÉSULTATS DE L'ANNÉE 1959.

Deux semis de la variété *A. de Versailles* ont été effectués : l'un très précoce, le 2 mars, l'autre le 25 mars. Les dates de floraison et le poids de 1 000 amandes à la récolte ont été les suivants :

	Dates de floraison	Poids de 1000 amandes	Différence p. 100 1954
	—	—	—
Semis du 2 mars...........	11/6	17,20 g	— 34,4
Semis du 25 mars...........	18/6	17,10 g	— 34,6

Ces poids très faibles laissent supposer qu'un fort échaudage, conséquence des coups de chaleur de début juillet, a dû se produire au cours de la maturation. Rappelons toutefois que ceux-ci succédaient et ont été suivis d'une période de forte sécheresse.



GRAPHIQUE 24.

A. — Caractéristiques générales des courbes de maturation.

Les deux graphiques — tel le n° 24 — établis en somme des valeurs de K postérieures à la floraison, montrent que les droites de croissance du poids sec, ainsi que du poids d'eau et du rapport e/m demeurent sensiblement parallèles à celles de 1954. Toutefois la phase II semble atteinte pour une valeur de e/m notablement plus forte que lors de l'année témoin.

B. — Mise en évidence du processus d'échaudage.

Les graphiques 25 et 26 permettent de comparer les années 1959 et 1954 à poids de matière sèche identiques au stade 30 p. 100.

1. Semis du 2 mars (graphique 25).

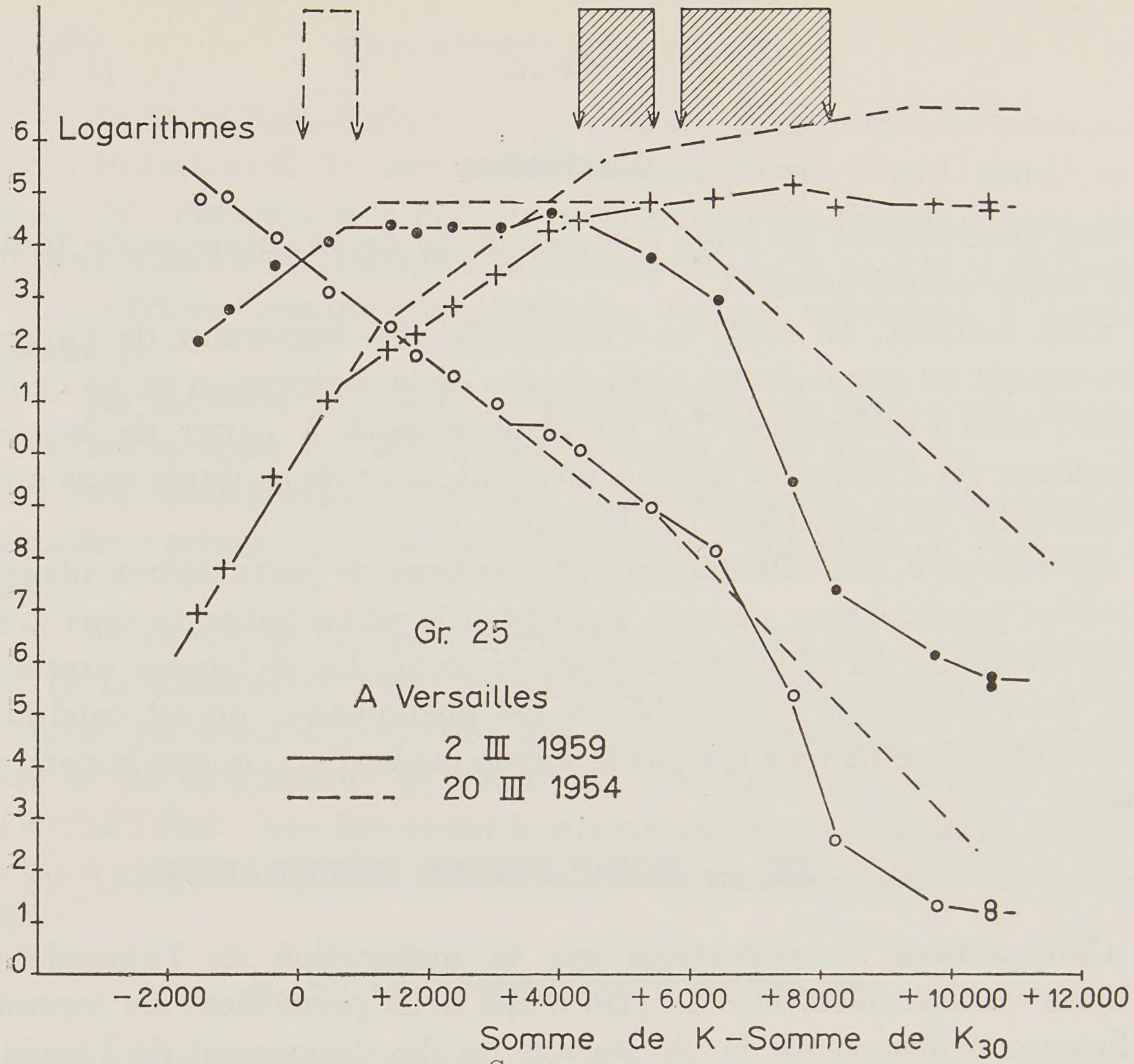
Les points « 1959 » suivent le graphique témoin jusqu'à l'abscisse somme des valeurs de K = + 600. A ce moment, la croissance en matière sèche se ralentit à une valeur voisine de celle de la phase II en 1954 ; simultanément le poids d'eau atteint un « palier » sans qu'aucune perturbation du rapport e/m ne soit observée. Or ces perturbations, caractéristiques d'un échaudage, sont enregistrées après une période de deux jours consécutifs à températures voisines de 28° sous abri : bien que modérées, celles-ci semblent avoir eu la même action qu'un coup de chaleur tel que nous l'avons défini jusqu'à présent.

Le seuil d'action de la température sur la maturation aurait donc été plus bas en 1959 que lors des autres années. Or 1959 diffère de toutes les autres par une sécheresse persistante : les réserves en eau du sol étant beaucoup plus faibles et le degré hygrométrique de l'air plus bas, des températures moins élevées auraient suffi à modifier l'équilibre absorption-évaporation et ainsi le poids d'eau dans l'amande. Les modifications consécutives aux deux forts coups de chaleur qui ont suivi sont semblables à celles par ailleurs décrites : chute du poids d'eau (qui s'était pourtant relevé), ralentissement puis arrêt de la croissance du poids sec, avec légère régression ultérieure; à ce moment disparition très rapide de l'eau et valeurs anormalement basses du rapport e/m.

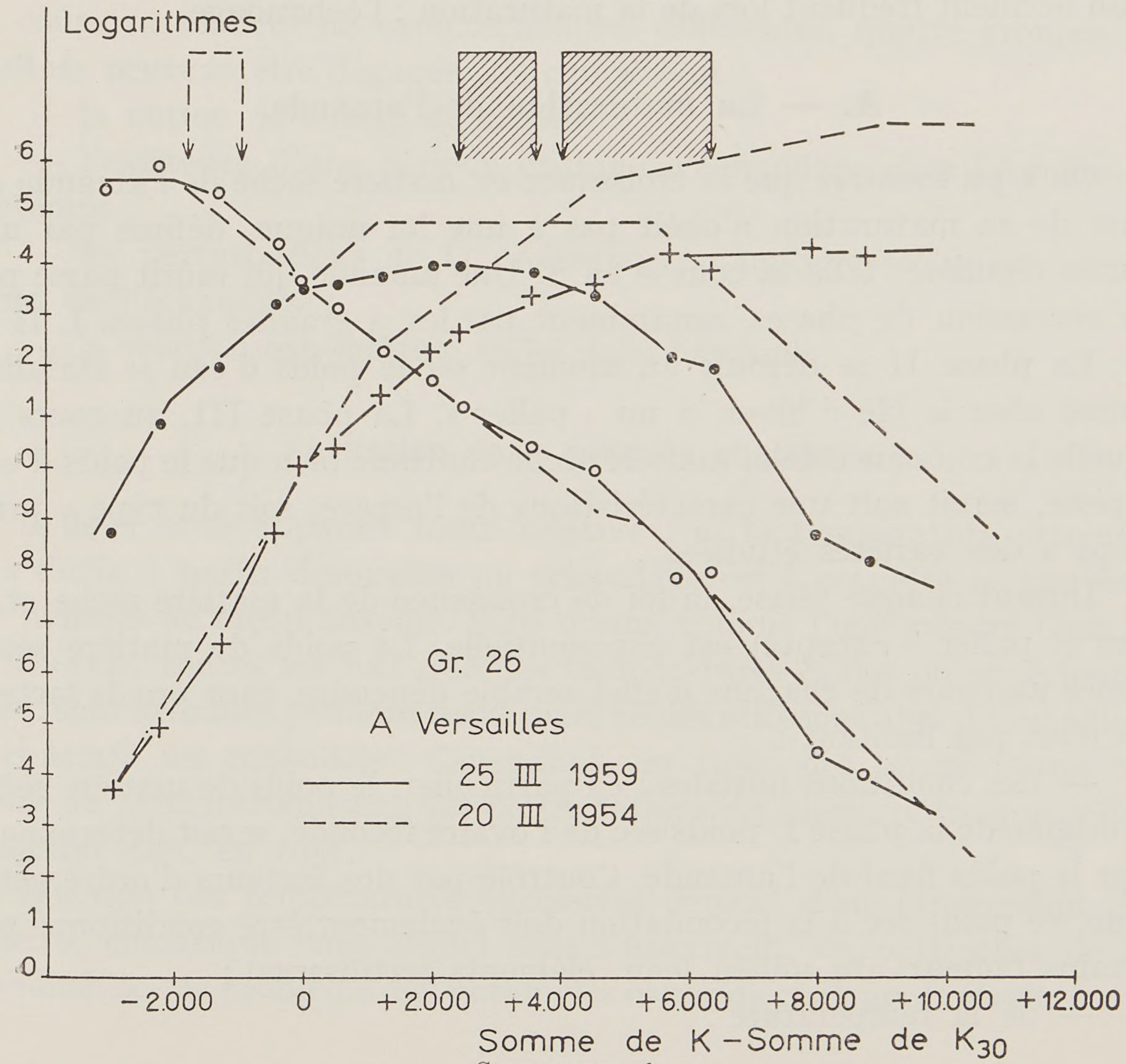
2. Semis du 25 mars (graphique 26).

La maturation de ce semis, comme celle du précédent est très aberrante. Dès le stade 30 p. 100, les poids d'eau et de matière sèche s'accroissent plus lentement qu'en 1954. Seule l'interaction des températures assez élevées de fin juin et de la sécheresse peut être à l'origine de ces perturbations ; plus encore que le premier semis, celui du 25 mars a souffert de ce dernier facteur.

A l'arrivée des fortes températures de fin juin, la croissance de la matière sèche semble momentanément ralentie sans perturbation du poids d'eau : le rapport e/m est passagèrement supérieur à « la normale ». Les modifications les plus importantes ne sont que très postérieures au coup de chaleur : cet effet retardé serait la traduction de la progressité du déficit en eau, conséquence de l'interaction mentionnée plus haut.



GRAPHIQUE 25.



GRAPHIQUE 26.

3. Conclusions.

Les observations de 1959 complètent de façon intéressante toutes celles faites antérieurement.

Elles mettent, en effet, en évidence le rôle important de l'approvisionnement en eau dans les phénomènes de la maturation et, en conséquence, dans l'échaudage. La température-seuil à partir de laquelle l'échaudage est à redouter dépend non seulement de sa durée mais aussi de l'humidité du sol exploré par la plante.

On retrouve, par ailleurs, en 1959, le type de perturbation observé les années précédentes : passage anticipé à la phase suivante sans diminution anormale du rapport eau/matière sèche. La sécheresse excessive étant, pour une part, responsable de ces phénomènes, on est conduit à se demander si ce facteur n'a pas le même mode d'action que le coup de chaleur.

IX. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Cinq années d'observations sur la maturation de l'amande de quelques variétés d'Avoine de printemps nous permettent de formuler quelques conclusions sur la physiologie du développement de l'amande et un accident fréquent lors de la maturation : l'échaudage.

A. — La maturation de l'amande.

On a pu montrer que la croissance en matière sèche de l'amande au cours de sa maturation n'obéit pas à une loi unique, définie par une courbe régulière, telle la courbe en S. Une amande qui mûrit passe par une succession de phases, notamment par les 3 grandes phases I, II et III. La phase II se déroule au moment où le poids d'eau se stabilise, comme chez le blé d'hiver, à un « palier ». La phase III, au cours de laquelle la croissance de la matière sèche continue bien que le poids d'eau régresse, serait soit une caractéristique de l'espèce, soit du type « printemps » des variétés étudiées.

Durant chaque phase, la loi de croissance de la matière sèche et de l'eau (« palier » excepté) est exponentielle. Le poids de matière sèche formée au cours de chacune d'elles semble dépendre, tant que le facteur eau n'est pas limitant :

— des conditions initiales : en particulier, le poids de matière sèche à l'origine de la phase I, poids sec de l'ovaire fécondé, serait déterminant pour le poids final de l'amande. Contrôlé par des facteurs d'ordre génétique, ce poids sec à la fécondation doit également être conditionné par certains facteurs du milieu (eau, éléments fertilisants) ;

— de la température ;

— de la radiation globale : il apparaît qu'exprimée en somme des valeurs du facteur K de GESLIN, la durée des phases I*b* et II ainsi que les vitesses de croissance de la matière sèche et de l'eau durant chaque phase sont des constantes écologiques, indépendantes de la variété et de l'année.

Un certain nombre de problèmes restent cependant à élucider, notamment :

— les facteurs du milieu influençant le poids de l'ovaire fécondé ;

— les facteurs qui contrôlent la durée de la phase I*a* ;

— les modifications internes, morphologiques et physiologiques auxquelles correspondent les stades critiques qui séparent chacune des phases ;

— les causes de la légère diminution du poids sec parfois observé à la fin de la maturation. Deux hypothèses peuvent être retenues : ou bien il y aurait un début d'oxydation des réserves, consécutif à une première phase de développement de l'embryon ; ou bien une certaine fraction de l'eau, à l'état d'eau liée avant le maximum de matière sèche, passerait à l'état d'eau libre après le maximum : non mesurée avant, elle le serait après.

B. — Le phénomène d'échaudage.

Des quatre années d'expérience ici présentées, chacune troublée par des coups de chaleur de caractéristiques différentes, quatre groupes de résultats peuvent être dégagés. Ils concernent :

— la notion de « coup de chaleur » ;

— l'existence d'une période critique d'échaudage chez l'Avoine de printemps ;

— les perturbations de la croissance en matière sèche caractéristiques de l'échaudage ;

— la relation eau-matière sèche dans l'amande.

1. La notion de « coup de chaleur ».

Celle-ci nous apparaît toute relative : ni la température atteinte, ni la durée à partir desquelles un échaudage est à craindre ne peuvent être définies de façon absolue. Sans doute, comme l'ont montré GESLIN et JONARD, toutes les fois que des températures égales ou supérieures à 30°C sont atteintes pendant deux jours consécutifs sous abri, à Versailles, on constate un échaudage. Cependant, en 1959, des températures de l'ordre de 28°C introduisent des perturbations du même ordre que celles dépassant 34°C en 1957.

L'action des températures excessives dépend donc étroitement du contexte climatique dans lequel elles s'inscrivent, en particulier de la pluviométrie : le problème de l'action des coups de chaleur est étroitement

lié à celui de la sécheresse. Dans les expériences en conditions naturelles qui ont été décrites, les deux facteurs ont à chaque instant interféré : une expérimentation portant sur l'alimentation en eau de la plante sera donc nécessaire pour qu'une analyse séparée des deux facteurs puisse être réalisée.

2. L'existence d'une période critique d'échaudage chez l'Avoine de printemps.

A la différence de ce qui semble avoir été montré chez le Blé d'hiver, la croissance en matière sèche du grain, chez l'Avoine de printemps, peut être perturbée par un coup de chaleur à tous les stades de la maturation. Il n'existe donc pas, chez l'Avoine, de période critique d'échaudage limitée à une phase particulière du développement ; cette constatation suffirait, à elle seule, à expliquer la fréquence de l'échaudage chez cette espèce.

Toutefois, c'est bien durant la phase du « palier », comme le met en évidence le tableau IX, que l'échaudage susceptible d'apparaître est maximum : la sensibilité de l'amande à cet accident varierait avec son âge, et passerait par un maximum au moment du « palier ».

TABLEAU IX

Variation de l'échaudage avec le stade de maturation de l'amande au moment du coup de chaleur.

Stade de maturation au moment du coup de chaleur	Phase I		Phase II		Phase III	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Nombre de données	3	4	7	5	7	3
Intensité moyenne des coups de chaleur (en somme de valeur de K)	1250	1180	1640	1280	1520	1570
Déficit de matière sèche (en logarithmes)	— .27	— .48	— .80	— .78	— .74	— .30
Déficit moyen pour chaque phase	— .39		— .79		— .60	

(1) Premiére moitié de la phase.
(2) Seconde moitié de la phase.

3. Les perturbations de la croissance en matière sèche caractéristiques de l'échaudage.

Deux types principaux de perturbations ont été observés :

— des perturbations temporaires : celles-ci sont enregistrées particulièrement en 1956, année à coups de chaleur d'intensité relativement

modérée. Après un ralentissement plus ou moins accusé, la vitesse de croissance de la matière sèche reprend une valeur normale (valeur antérieure, ou celle relative à la phase où l'amande est parvenue entre temps) ;

— des perturbations définitives : on les enregistre particulièrement en 1955, 1957 et 1959, années à coups de chaleur de forte intensité. Ici, la croissance se trouve brutalement et définitivement ralentie à une vitesse voisine de celle de la phase suivante de croissance.

Il semble donc que suivant l'importance du coup de chaleur, les perturbations introduites pourraient varier d'un ralentissement passager de la croissance, sans modification du développement, à un ralentissement définitif traduisant le passage anticipé à la phase suivante de croissance.

4. La relation eau-matière sèche dans l'amande.

Deux faits principaux ressortent des résultats.

En premier lieu, chaque fois qu'un déficit de poids d'eau a été constaté, une modification a été observée aussi dans la croissance de la matière sèche. Cependant, il peut y avoir perturbation de l'évolution du poids sec sans déficit de poids d'eau (1955).

En second lieu, tant que la croissance en matière sèche n'est pas achevée, le rapport eau/matière sèche garde une valeur au moins égale à sa valeur normale au stade correspondant : une amande échaudée poursuit sa maturation avec une teneur en eau libre égale ou supérieure à la normale. Tout semble se passer comme si un système régulateur maintenait à chaque instant ce rapport au niveau minimum nécessaire à l'accomplissement des synthèses cellulaires et caractéristiques de l'âge physiologique de l'amande. Ce système cesserait de fonctionner dès que cesseraient les phénomènes de migration ; il y aurait alors départ rapide de l'eau et chute du rapport e/m à un niveau inférieur à la normale.

Quel serait ce mécanisme régulateur et son support biologique? Seules des hypothèses peuvent être formulées.

L'une d'elles consisterait à supposer que le bilan d'eau dans l'amande s'écrit schématiquement :

Poids d'eau libre (mesurée par l'étuve) = poids d'eau absorbée (entrant dans l'amande) — poids d'eau transpirée — poids d'eau consommée (eau liée et de synthèse).

Pour un déficit absorption/transpiration déterminé, le poids d'eau libre résultant serait uniquement fonction de l'eau utilisée par la cellule. Or Geneves a montré, dans une étude sur les effets cytologiques du froid, que les basses températures empêchent les colloïdes mitochondriaux d'absorber l'eau libre dans le cytoplasme : les chondriosomes ne s'allongent pas à 0°C comme ils le font à la température ambiante, cette altération pouvant être définitive si les cellules ne s'accroissent pas et simplement

passagère si celles-ci s'accroissent ou se multiplient. On peut émettre l'hypothèse que les températures excessives auraient une action analogue au froid : certains organites du chondriome, en particulier, puisqu'il s'agit de l'accumulation de l'amidon, les leucoplastes verraient, aux fortes températures, leur activité ralentie, ils absorberaient moins d'eau ; peut-être aussi, par action réverse, pourraient-ils libérer une certaine quantité d'eau liée. Ce mécanisme permettrait de concevoir qu'un certain ralentissement de la formation de matière sèche puisse être observé sans perturbation du poids d'eau libre ; que par ailleurs, les perturbations observées puissent être passagères ; qu'enfin, dans les cas les plus graves, la consommation d'eau soit réduite à un tel niveau, que la migration soit modifiée de façon irréversible.

En conclusion, les quelques résultats obtenus ne nous permettent pas de donner des mécanismes de l'échaudage une analyse complète. Toutefois les confirmations autant que les restrictions qu'ils apportent à ceux obtenus par d'autres auteurs chez le Blé d'hiver concourent à préciser les lois générales de la maturation et de l'échaudage chez les deux espèces étudiées : la réaction aux fortes températures de l'amande en maturation n'est pas aléatoire mais obéit à certaines règles dont la compréhension dépend étroitement d'une connaissance meilleure des lois fondamentales de la maturation.

RÉSUMÉ

La croissance et la maturation de l'amande de trois variétés d'Avoine de printemps ont été étudiées pendant cinq années au cours desquelles des coups de chaleur ont été enregistrés. Tous les jours ou tous les deux jours, des mesures portant sur le poids frais des amandes, le poids sec et le poids d'eau ont été effectuées. Deux groupes de résultats ont été obtenus :

1. Les premiers concernent les lois de la croissance et de la maturation en conditions hydriques non limitantes.

La maturation de l'amande, chez l'Avoine, passe par trois phases principales de croissance. Durant chacune d'elles, la loi de croissance de la matière sèche est d'allure exponentielle, le poids de matière sèche formée dépendant essentiellement des conditions à l'origine de la phase (poids de l'ovaire fécondé pour la phase 1), de la température, de la radiation lumineuse.

2. Les autres résultats concernent les modifications enregistrées dans l'évolution de l'eau et de la matière sèche après chaque coup de chaleur. Quatre points principaux ont été précisés :

— la notion de coup de chaleur : le seuil d'action de la température ne peut être défini de façon absolue mais est étroitement lié au contexte pluviométrique dans lequel le coup de chaleur s'inscrit ; le problème de l'échaudage se relie à celui de la sécheresse ;

— le « palier » de poids d'eau ne constitue pas, chez l'Avoine, la seule période critique d'échaudage ; c'est cependant durant ce laps de temps que l'échaudage le plus grave est à craindre ;

— les perturbations introduites dans l'évolution de la matière sèche vont

du ralentissement temporaire au passage anticipé d'une phase de croissance à la phase suivante ;

— enfin un mécanisme régulateur, dont le siège pourrait être le leucoplaste, tend, aussi longtemps que la croissance en matière sèche se poursuit, à maintenir le rapport eau-matière sèche à une valeur au moins normale.

SUMMARY

Seed maturation and shrivelling in cultivated oats.

The seed maturation of three Spring oat varieties has been studied for 5 years, during which heat-strokes have been noted. Every day or every other day, estimations of fresh weight of seeds, dry weight and moisture content have been made. Two groups of results have been obtained :

1. The first conclusions are concerned with the laws of maturation in non-limiting moisture conditions.

Seed maturation, in oats, passes through three stages of development. During each one, the law of growth of dry matter is exponential, the weight of the formed dry matter essentially depending on the conditions at the beginning of the stage (weight of the fertilized ovary, for stage 1), on temperature and on light.

2. The other results are concerned with the alterations observed in the evolution of moisture content and of dry matter after each heat-stroke. Four main points have been precised :

— The notion of heat-stroke : the level of action of temperature cannot be definitely determined, but it is closely related to the pluviometric context in which the heat-stroke is registered ; the problem of shrivelling is connected with the problem of drought.

— The « ceiling » of moisture content does not constitute in oats the only critical period in shrivelling ; it is, however, during this lapse of time, that the most injurious shrivelling is to be feared.

— The disturbances occurring in the evolution of dry matter go from a temporary slowing down to an anticipated passage from a stage of development to the following stage.

— Finally, a regulating mechanism (it might take its source in leucoplast) leads, as long as the increase of dry matter goes on, to maintain the ratio moisture /dry matter at a normal value.

ZUSAMMENFASSUNG

Reifen der Mandel und Notreife (Hitzschaden) beim angebauten Hafer

Das Reifen der Mandel von drei Sommerhafersorten wurde während 5 Jahren studiert ; in dieser Zeitspanne konnten mehrere starke Hitzfälle beobachtet werden. Kontrollen des Frischgewichtes und des Wassergehaltes der Mandeln wurden täglich oder alle 2 Tage durchgeführt. Dabei konnten 2 Gruppen von Resultaten erzielt werden :

1. — Die erste Gruppe betrifft die Reifegesetze bei unbeschränkten Wasserbedingungen.

Das Reifen der Hafermandel geht durch 3 wichtige Wachstumsphasen. Während jeder Phase besitzt das Wachstumsgesetz der Trockensubstanz einen exponentialen Lauf und das Gewicht der gebildeten Trockensubstanz hängt wesentlich von den ursprünglichen Bedingungen einer Phase (z. B. Gewicht des befruchteten Fruchtknoten bei der Phase 1), von der Temperatur und von der Lichtbestrahlung ab.

2. — Die anderen Resultate betreffen die Modifikationen in der Wasser- und der Trockensubstanzentwickelung nach jedem Hitzeanfall. Dabei konnten 4 wesentliche Tatsachen präzisiert werden :

— Begriff « Hitzeanfall » : die unterste Grenzwirkung der Temperatur kann nicht absolut bestimmt werden, ist aber in engem Zusammenhang mit den Niederschlagsbedingungen der Periode in welcher der Hitzeanfall stattfindet ; das Problem der Notreife (Hitzeschaden) steht mit demjenigen der Trockenheit in Verbindung.

— Eine unterste Wassergehaltstufe bildet beim Hafer nicht die einzige kritische Periode der Notreife, doch ist es zu befürchten, das während dieses Zeitraumes Hitzeschaden am stärksten auftreten kann.

— Die Evolutionsstörungen der Trockensubstanz schwanken von einem vorübergehenden Nachlassen bis zu einem vorzeitigen Uebergang von einer Wachstumsphase zur anderen.

— Zuletzt strebt ein regelnder Mechanismus, dessen Sitz sich womöglich im Leukoplasma befinden könnte, das Verhältnis Wasser/Trockensubstanz an einer mindestens normalen Stufe zu halten so lange das Trockensubstanz-wachstum andauert.

Созревание ядра и запал у культурнаго овса.

К. МУЛЬ.

РЕЗЮМЕ

Созревание ядра у трех сортов ярового овса было изученно в течении 5-и лет и были зарегистрированны, в то-же время, исключительно-знойные летние периоды. Ежедневно или-же каждые два для были осуществленны определения, свежаго веса ядра, сухой вес и вес воды. Полученно две группы результатов :

1. Первые, относящиеся к законам созревания в условиях не ограниченных влажностью.

Созревание ядра у овса следует трем главным фазам развития. В течении каждой из них, закон развития сухого вещества имеет экспоненциальный вид, вес произведеннаго сухого вещества зависит главным образом от условий в начале фазы (вес оплодотворенных завязей для фазы I), температуры, световых излучений.

2. Другие результаты относятся к изменениям установленным в эволюции влаги и сухого вещества после каждаго знойнаго периода. Было уточненно четыре главных пункта :

— Понятие знойнаго периода : предел действия температуры не мог быть определен абсолютно но он узко связан с режимом осадков в котором располагается знойный период; проблема запала включается в вопрос засухи.

— «Ступень» кривой веса воды не представляет у овса единственный критический период запала; однако, именно в этот отрывок времени можно ожидать появление глубокаго запала.

— Пертурбации введенные в эволюцию сухого вещества могут идти от временнаго замедления до преждевременнаго перехода от одной фазы к другой;

— Наконец, регулирующий механизм, могущий находиться в лейкопластах, действует за все время развития сухого вещества, для сохранения, по крайней мере нормальнаго, соотношения воды к сухому веществу.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BRENCHLEY (W. E.) and HALL (D. A.). — The development of the grain of wheat. *J. of Agric. Sci.*, vol III, part II, 1907.

CHEVALIER (R.). — Echaudage du blé et poids de mille grains. *Annales Amél. Plantes*, **2**, 275-295, 1953.

DUCOMET (V.). — Les blés de la région de l'olivier (Bassin Méditerranéen). *Le Sélectionneur*, IV, nº 2, 12-48, 1935.

ECOCHARD (R.), GILLET (M.) et TRINQUAND (E.). — L'évolution de la rouille noire sur la plante adulte de blé et son incidence sur le poids du grain. *Annales Amél. Plantes*, **2**, 307-323, 1954.

FREY (K. S.), RUAN (E.) and WIGGANS (S. C.). — Dry weight and germination of developing oat seeds. *Agron. J.*, **50**, 248-250, 1958.

GENEVES (L.). — Recherches sur les effets cytologiqes du froid. *Revue Cytol. Biol. végét.*, XVI, 1-207, 1955.

GESLIN (H.). — Contribution à l'étude du climat du blé. Thèse, Impr. Nationale, Paris, 1944.

GESLIN (H.) et JONARD (P.). — Maturation du blé et climat. *Annales Nutrit. Aliment.* Paris, II, 361-371, 1948.

ILJIN (W. S.). — Drought resistance in plants and physiological processus. *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, **8**, 257-272, 1957.

MAXIMOV (N. A.). — *The plant in relation to water. A study of the physiological basis of drought resistance.* G. Allen and Unwin (London), 451 p., 1929.

NOVIKOV (V. A.). — Investigations on the drought resistance in plants. *J. Agric. Sci. U. R. S. S.*, IX, 2, 47-69, résumé anglais, 70-72, 1931.

ANALYSE DU COMPORTEMENT EN CHAMPS D'ESSAIS DE QUELQUES VARIÉTÉS DE BETTERAVES SUCRIÈRES CULTIVÉES EN FRANCE (1)

II. ESSAIS EFFECTUÉS EN 1954, 1955 et 1956

PAR

J. MARGARA et H. TOUVIN
Station Centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Versailles.

INTRODUCTION

Le Laboratoire du Syndicat National des Fabricants de Sucre de France réalise chaque année deux ensembles d'essais comparatifs de betterave sucrière : essais de comportement portant sur un grand nombre de variétés et destinés à porter un premier jugement sur leur valeur ; essais comparatifs plus précis répétés trois années de suite. Les résultats de ces essais sont publiés tous les ans par le Laboratoire du Syndicat National des Fabricants de Sucre et l'Institut Technique de la Betterave.

L'objet de cette courte note est de présenter les résultats d'ensemble des essais des trois années 1954, 1955 et 1956 et d'essayer d'en dégager quelques conclusions de portée générale.

Les essais portaient sur 11 variétés correspondant à une gamme assez complète des types de variétés actuellement cultivées en France : variétés diploïdes de type E, N ou Z, variété résistante au *Cercospora*, variétés polyploïdes. Chaque année, l'essai était répété dans 8 localités réparties dans des régions diverses (départements du Nord, de l'Aisne, de la Somme, de la Seine-et-Oise, de l'Eure, de la Charente-Maritime et de la Drôme).

Nous renvoyons aux publications annuelles des essais pour la description détaillée de la disposition expérimentale et à notre précédent

(1) Les éléments de cette analyse sont extraits des résultats obtenus par le *Laboratoire du Syndicat National des Fabricants de Sucre de France,* dans ses expériences annuelles sur la comparaison des variétés de betterave, expériences faites avec la collaboration de *l'Institut Technique de la Betterave Industrielle* et de *l'Institut de la Recherche Agronomique.*

article de 1954 pour les remarques concernant l'interprétation statistique globale des résultats. Rappelons seulement que la méthode adoptée était celle des blocs, le nombre de répétitions était 6, chaque parcelle était constituée de 4 lignes de 20 mètres de long dont 2 lignes de bordure.

RÉSULTATS

Les résultats sont groupés dans les tableaux suivants :

TABLEAU I. — *Richesse en sucre (en p. 100)*

Résultats pour l'ensemble des 3 années et des 8 champs

Récapitulation pour les 3 années

Variétés → / Années ↓	Vilmorin B	Tourneur G. R. N.	Say H	Buszczynski CLR	Legland R	Klein Polybeta	Klein Wanzleben N	Klein Polybeta Desprez	Desprez E	Kuhn P	Beta 242/53	Moyenne par année
1954	18,05	17,74	18,10	19,05	18,73	18,33	18,24	18,35	18,35	18,34	18,44	18,34
1955	18,05	17,60	17,68	19,18	18,54	18,66	17,55	18,63	18,28	17,86	18,40	18,22
1956	15,58	15,02	15,69	16,30	15,48	15,36	15,03	15,59	15,65	15,11	15,16	15,45
Moyenne par variété	17,23	16,78	17,16	18,18	17,58	17,45	16,94	17,52	17,43	17,10	17,33	*17,34*

N. B. — Les valeurs données sont les moyennes des résultats des 8 champs et des 6 répétitions

Récapitulation pour les 8 champs

Variétés → / Champs ↓	Vilmorin B	Tourneur G. R. N.	Say H	Buszczynski C. L. R.	Legland R	Klein Polybeta	Klein Wanzleben N	Klein Polybeta Desprez	Desprez E	Kuhn P	Beta 242/53	Moyenne par champ
Cambrai (Nord)	17,60	17,59	17,55	18,02	18,14	17,77	17,72	17,79	17,98	17,62	17,51	17,75
Oisemont (Somme)	15,51	15,31	15,65	16,25	16,05	15,83	15,67	15,80	15,92	15,69	15,35	15,73
Séraucourt (Aisne)	16,87	16,53	17,01	17,74	17,23	17,11	16,42	17,30	16,80	16,35	16,26	16,87
Neuilly - St - Front (Aisne)	17,99	17,38	17,87	18,74	18,26	18,11	17,56	18,18	18,02	17,86	17,70	17,97
Étrépagny (Eure)	16,11	15,20	15,30	17,20	16,33	15,99	15,17	16,47	15,96	15,48	16,11	15,94
Grignon (S.-et-O.)	17,87	17,53	17,85	18,43	18,07	17,73	17,61	18,01	18,26	17,95	17,94	17,93
Forges-d'Aunis (Ch.-M.)	18,93	18,25	19,33	20,22	19,35	19,67	18,67	19,54	19,44	19,08	19,98	19,31
St-Paul-les-Romans (Drôme)	16,96	16,47	16,70	18,83	17,24	17,42	16,71	17,10	17,03	16,77	17,83	17,19

N. B. — Les valeurs données sont les moyennes des résultats des 3 années et des 6 répétitions.

Analyse de la variation totale

Origine de la variation	Nombre de degrés de liberté	Variance
Blocs	120	1,5617
Années	2	1 409,6150
Champs	7	272,0828
Variétés	10	19,9830
Variétés × Champs	70	1,4817
Variétés × Années	20	2,8170
Champs × Années	14	105,9628
Variétés × Champs × Années	140	0,6098
Erreur	1 200	0,4883

Tableau II

Poids des racines décolletées (en g par racine)
Résultats pour l'ensemble des 3 années et des 8 champs
Récapitulation pour les 3 années

Variétés → / Années ↓	Vilmorin B	Tourneur G. R. N.	Say H	Buszczynski C. L. R.	Legland R	Klein Polybeta	Klein Wanzleben N	Klein Poly-beta Desprez	Desprez E	Kuhn P	Beta42/53	Moyenne par année
1954	542	602	630	564	582	639	611	649	598	586	603	600
1955	427	472	493	428	460	495	514	503	473	454	458	471
1956	516	529	541	514	551	632	570	593	533	546	573	554
Moyenne par variété	495	534	555	502	531	589	565	582	535	529	545	*546*

N. B. — Les valeurs données sont les moyennes des résultats des 8 champs et des 6 répétitions.

Récapitulation pour les 8 champs

Variétés → / Champs ↓	Vilmorin B	Tourneur G. R. N.	Say H	Buszczynski C. L. R.	Legland R	Klein Polybeta	Klein Wanzleben N	Klein Poly-beta Desprez	Desprez E	Kuhn P	Beta 242/53	Moyenne par champ
Cambrai (Nord)...	464	557	554	473	542	600	581	574	531	558	532	542
Oisemont (Somme).	381	389	410	350	381	440	419	424	427	416	394	403
Séraucourt (Aisne).	475	522	541	493	530	549	546	560	527	528	517	526
Neuilly - St - Front (Aisne).........	557	607	602	557	582	624	623	606	604	594	586	595
Étrépagny (Eure).	427	442	480	421	444	545	475	507	443	439	474	463
Grignon (S.-et-O.) .	467	507	494	466	511	558	537	555	502	464	520	507
Forges-d'Aunis (Ch.-M.).	631	664	669	647	637	689	691	714	634	640	662	662
St-Paul-les-Romans (Drôme)	558	587	685	612	625	704	650	713	609	593	672	637

N. B. — Les valeurs des données sont les moyennes des résultats des 3 années et des 6 répétitions.

Analyse de la variation totale

Origine de la variation	Nombre de degrés de liberté	Variance
Blocs..............................	120	12 445,9
Années	2	2 284 009,9
Champs	7	1 502 766,3
Variétés	10	124 111,7
Variétés × Champs	70	6 641,1
Variétés × Années	20	11 950,0
Champs × Années	14	1 107 558,4
Variétés × Champs × Années	140	4 990,6
Erreur	1 200	3 427,0

TABLEAU III

Rendement en sucre (en g par racine)
Résultats pour l'ensemble des 3 années et des 8 champs
Récapitulation pour les 3 années

Variétés → / Années ↓	Vilmorin B	Tourneur G. R. N.	Say H	Busczczynski C. L. R.	Legland R	Klein Polybeta	Klein Wanzleben N	Klein Poly-beta Desprez	Desprez E	Kuhn P	Beta 242/53	Moyenne par année
1954	97,8	106,8	114,0	107,4	109,0	117,1	111,4	119,1	109,7	107,5	111,2	110,0
1955	77,1	83,1	87,2	82,1	85,3	92,4	90,2	93,7	86,5	81,1	84,3	85,0
1956	80,4	79,4	84,9	83,8	85,3	97,1	85,7	92,4	83,4	82,5	86,9	85,6
Moyenne par variété	85,3	89,6	95,2	91,2	93,3	102,8	95,7	10,2	93,2	90,4	94,4	*94,7*

N. B. — Les valeurs données sont les moyennes des résultats des 8 champs et des 6 répétitions.

Récapitulation pour les 8 champs

Variétés → / Champs ↓	Vilmorin B	Tourneur G. R. N.	Say H	Busczczynski C. L. R.	Legland R	Klein Polybeta	Klein Wanzleben N	Klein Poly-beta Desprez	Desprez E	Kuhn P	Beta 242/53	Moyenne par champ
Cambrai	81,7	98,0	97,2	85,2	98,3	106,6	102,9	102,1	95,5	98,3	93,1	96,2
Oisemont	59,1	59,5	64,2	56,9	61,1	69,6	65,6	67,0	68,0	65,3	60,5	63,4
Séraucourt	80,1	86,3	92,0	87,4	91,3	93,9	89,6	96,9	88,5	86,3	84,1	88,7
Neuilly-St-Front	100,2	105,5	107,6	104,4	106,3	113,0	109,4	110,2	108,8	106,1	103,7	106,9
Étrépagny	68,8	67,2	73,4	72,4	72,5	87,1	72,0	83,5	70,7	67,9	76,4	73,8
Grignon	83,4	88,9	88,2	85,9	92,3	98,9	94,6	99,9	91,7	83,3	93,3	90,9
Forges-d'Aunis	119,4	121,2	129,3	130,8	123,2	135,5	129,0	139,5	123,2	122,1	132,3	127,8
St-Paul-les-Romans	94,6	96,7	114,4	115,2	107,7	122,6	108,6	121,9	103,7	99,4	119,8	109,5

N. B. — Les valeurs données sont les moyennes des résultats des 3 années et des 6 répétitions.

Analyse de la variation totale

Origine de la variation	Nombre de degrés de liberté	Variance
Blocs	120	445,92
Années	2	103 338,55
Champs	7	72 291,55
Variétés	10	3 614,78
Variétés × Champs	70	280,01
Variétés × Années	20	223,83
Champs × Années	14	33 757,46
Variétés × Champs × Années	140	171,46
Erreur	1 200	110,60

TABLEAU IV

Classement général des variétés

	Richesse en sucre en %		Poids des racines décolletées (en g par racine)		Rendement en sucre (en g par racine)
Buszczynski C. L. R. .	18,18	Klein Polybeta	589	Klein Polybeta	102,8
Legland R.	17,58	Klein Polybeta Desprez	582	Klein Polybeta Desprez	102,0
Klein Polybeta Desprez	17,52	Klein Wanzleben N...	565	Klein Wanzleben N...	95,7
Klein Polybeta	17,45	Say H...............	555	Say H...............	95,2
Desprez E.	17,43	Beta 242/53	545	Beta 242/53	94,4
Beta 242/53	17,33	Desprez E.	535	Legland R.	93,3
Vilmorin B.	17,23	Tourneur G. R. N....	534	Desprez E.	93,2
Say H...............	17,16	Legland R.	531	Buszczynski C. L. R. .	91,2
Kuhn P.	17,10	Kuhn P.	529	Kuhn P.	90,4
Klein Wanzleben N...	16,94	Buszczynski C. L. R. .	502	Tourneur G. R. N....	89,6
Tourneur G. R. N....	16,78	Vilmorin B.	495	Vilmorin B.	85,3
Plus petite différence significative........	0,16	Plus petite différence significative........	13,5	Plus petite différence significative........	2,73

TABLEAU V

Valeurs de F

Rapport des variances	F calculés			F théoriques	
	Richesse saccharine	Poids	Rendement en sucre	P = 0,05	P = 0,01
Variétés / Variétés × Années	7,10*	10,38*	16,15*	2,36	3,39
Champs / Champs × Années	2,57*	1,36	2,14*	2,02	2,65
Variétés × Années / Var. × Champs × An. ...	4,62*	2,39*	1,30	1,60	1,92
Variétés × Champs / Var. × Champs × An. ...	2,43*	1,33*	1,63*	⌗ 1,00	⌗ 1,00
Champs × Années / Var. × Champs × An. ...	173,77*	221,93*	196,87*	1,71	2,12
Var. × Champs × An. / Erreur résiduelle ...	1,25*	1,46*	1,55*	⌗ 1,00	⌗ 1,00

N. B. — Les valeurs marquées d'un astérisque sont significatives au seuil de probabilité 0,05.

Les tableaux I, II et III donnent, pour la richesse saccharine, le poids des racines et le rendement en sucre, les moyennes de rendement par année et par champ ainsi que les moyennes générales.

Le tableau IV indique le classement général des variétés. Les variances sont portées au bas de chaque tableau et leurs rapports sont donnés dans le tableau V.

L'examen de ces variances et de leurs rapports montre que les différences observées entre les années ou les champs sont beaucoup plus considérables que celles qui existent entre les variétés. Cette notion

classique qui se dégageait de la précédente série d'essais ainsi que des études faites à Versailles est vérifiée une fois de plus. De même, dans ces essais, comme dans ceux de 1951, 1952 et 1953, les différences de rendement entre les champs varient avec l'année (forte interaction champs × années). En d'autres termes, les localités ne sont pas, dans ces essais de betterave, des unités stables ayant des caractéristiques régionales constantes d'une année à l'autre, et permettant de voir si une variété donnée est adaptée à telle condition de climat ou de sol. De plus, les interactions variétés × champs sont faibles, bien que significatives. (Elles n'étaient pas significatives dans la précédente série d'essais.) Les variations du climat ou du sol qui ont une importance primordiale sur le rendement de la betterave n'entraîneraient donc pas de grands changements dans le classement des variétés. Il semble, cependant, que les écarts entre les rendements des variétés extrêmes soient plus grands lorsque la moyenne de l'année est élevée que lorsque les conditions de l'année sont mauvaises.

Quelle que soit la manière dont le groupement des résultats est effectué, on observe entre les rendements des variétés des différences significatives. Les variances de l'effet variétés sont même beaucoup plus élevées que celles de la série d'essais de 1951, 1952 et 1953, aussi bien pour le rendement en sucre que pour la richesse et le poids frais des racines. Cette augmentation des écarts entre les rendements des variétés est sans doute due, au moins en partie, à l'introduction dans les essais de variétés polyploïdes.

A l'exception des deux variétés polyploïdes le classement des variétés pour le rendement en poids de racines est sensiblement inverse du classement pour la richesse. Ce sont les variétés à grosses racines qui donnent le meilleur rendement en sucre à l'hectare. Les variétés polyploïdes étudiées ont au contraire une richesse élevée associée à un bon rendement en poids. Cette particularité se vérifie dans des conditions diverses de climat et de sol.

RÉSUMÉ

Des essais effectués par le Laboratoire du Syndicat National des Fabricants de Sucre de France avaient pour objet la comparaison du comportement de plusieurs types de betterave sucrière dans les diverses conditions des principales régions de culture de la betterave. Ces essais, portant sur 11 variétés, avaient été répétés pendant 3 années dans 8 localités. Les résultats de l'interprétation statistique de cet ensemble d'essais comparatifs confirment les notions dégagées des précédents essais.

La fluctuation due au milieu est considérable par rapport aux

différences variétales. Mais les variations du milieu n'ont pas entraîné d'importantes modifications dans le classement des variétés. Dans le cas des variétés diploïdes, le classement pour la teneur en sucre est sensiblement inverse du classement pour le poids frais de racines, les variétés à grosses racines donnant un rendement en sucre à l'hectare élevé.

Par rapport aux essais précédents on enregistre deux faits nouveaux : augmentation générale des écarts entre rendements des variétés ; apparition de variétés polyploïdes qui ont donné dans les diverses conditions de milieu un bon rendement associé à une richesse saccharine élevée.

Reçu pour publication le 12 janvier 1960.

SUMMARY

Study of the behaviour in field-trials of some varieties of sugar-beets cultivated in France. II. 1954, 1955 and 1956 trials.

Trials conducted by the Laboratory of the « Syndicat National des Fabricants de Sucre de France » were concerned with the comparison of behaviour between several types of sugar-beets, under the various conditions of the main beet-growing regions. These trials, including 11 varieties, had been repeated for 3 years in 8 different places. The results of the statistical analysis corroborate the conclusions drawn from previous trials.

The fluctuation due to environment is very important if compared to varietal differences. But the environment variations were not followed by important changes in the classification of varieties. On the case of diploid varieties, classification for sugar-content is slightly contrary to classification for fresh weight of roots, the varieties with big roots having a high sugar-yield per ha.

Compared with the former trials, two new facts were observed : a general increase of divergence between yields of varieties ; the apparition of polyploid varieties which, in the various environment conditions, have given a good yield joined with a high sugar-content.

ZUSAMMENFASSUNG

Verhalten einiger in Frankreich angebauten Zuckerrübensorten. II. Versuche von 1954, 1955 und 1956.

Die durch das Laboratorium des nationalen Syndikats der Zuckerfabrikanten durchgeführten Versuche hatten als Ziel mehrere Zuckerrübensorten in verschiedenen Bedingungen und in den wichtigsten Anbaugebieten dieser Pflanze zu vergleichen. Diese Versuche umfassten 11 Sorten und wurden während 3 Jahren und in 8 Gemeinden wiederholt. Die statistisch ausgelegten Resultate bestätigen die Ergebnisse der vorhergehenden Versuche.

Obwohl die der Umweltfaktoren zuzuschreibenden Schwankung im Verhältnis zu den Sortenunterschieden sehr stark ist, wurden keine wesentli-

chen Veränderungen in der Rangordnung der Sorten beobachtet. Im Falle der diploïden Sorten ist die Reihenfolge nach dem Zuckergehalt ungefähr das Gegenteil derjenigen nach dem Frischgewicht der Wurzeln. Dabei ergeben die Sorten mit grossen Wurzeln starke Zuckererträge pro Hektar.

Im Vergleich mit den vorhergehenden Versuchen können 2 neue Tatsachen festgestellt werden : allgemeine Erhöhung der Ertragsunterschiede zwischen den Sorten und Erscheinen von polyploïden Sorten welche in den verschiedenen Umweltverhältnissen schöne Erträge mit hohem Zuckergehalt erzielten.

Анализ поведения, в опытных полях, нескольких сортов сахарной свеклы, культивируемых во Франции.

II. *Опыты осуществленные в 1954, 1955 и 1956 году.*

Ж. МАРГАРА и Г. ТУВЭН.

РЕЗЮМЕ

Опыты, осуществленные либораторией Национальнаго Института Синдиката Сахаропромышленников, имели целью сравнение различных типов сахарной свеклы, в различных условиях главных районов ея культуры.

Эти опыты производились с 11-ю сортами и были повторенны в течении 3-х лет, в восьми районах.

Статистические результаты, в'общем, подтверждают данные полученные в предидущих опытах.

Влияние среды является громадным, сравнительно с сортовыми различиями. Но ея влияние не повлекло важных изменений в классификации сортов. Для диплоидных сортов расположение по содержанию сахара является, в известной степени, обратным расположению по свежему весу корнеплодов, сорта с крупными корнеплодами дают высокий урожай по сахару на гектар.

По отношению к предидущим опытам, можно отметить два новых факта : общее увеличение разницы урожая между сортами; появление полиплоидных сортов, которые, в различных условиях среды, дали хороший урожай, а так-же и высокое содержание по сахару.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Essais culturaux comparatifs sur les variétés de betterave sucrière, Syndicat National des Fabricants de Sucre de France et Institut Technique de la Betterave Industrielle, Paris, 1954, 1955, 1956.

MARGARA (J.), TOUVIN (H.). — Analyse du comportement en champs d'essais de quelques variétés de betterave sucrière cultivées en France. *Annales de l'Amel. Plantes*, 529-537, 1954.

ÉTUDE GÉNÉTIQUE DE LA RÉSISTANCE A UN BIOTYPE DE ROUILLE NOIRE (PUCCINIA GRAMINIS var. TRITICI, RACE 21)

I — FACTEURS DE RÉSISTANCE PORTÉS PAR LES VARIÉTÉS DE BLÉ TENDRE : G 80-3, CELEBRATION, MAC MURRACHY ET NORD-DESPREZ

PAR

E. POCHARD. J. HUET et S. VERGARA

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction

Matériel et méthodes

Analyse des disjonctions

I. — G 80-3 × Nord-Desprez.
II. — Mac Murrachy × Nord-Desprez.
III. — Celebration × Nord-Desprez.
IV. — Celebration × G 80-3.
V. — Mac Murrachy × G 80-3.
VI. — Mac Murrachy × Celebration.

Interprétation d'ensemble

Conclusions

Bibliographie

INTRODUCTION

Le déterminisme génétique de la résistance du blé tendre à la rouille noire (*Puccinia Graminis*, var. *tritici* — ERIKS et HENN.) a fait l'objet de très nombreux travaux depuis une quarantaine d'années, en particulier aux Etats-Unis et au Canada.

Il est malheureusement difficile, par la comparaison des résultats obtenus dans les différents laboratoires, d'attribuer aux variétés résistantes, servant de base à la sélection, une composition génique précise et complète en ce qui concerne la réaction à la rouille noire. Les résultats publiés sont trop fragmentaires et n'intéressent le plus souvent que des cas particuliers de résistance à un ou deux biotypes du parasite.

Quelques auteurs, depuis AUSEMUS (1 et 2), ont essayé de clarifier la masse des résultats, de manière à dégager une vue plus synthétique, permettant de recenser les gènes de résistance présents chez le blé tendre, et de préciser leur mode d'action. C'est ainsi que KNOTT (6, 7, 8) a pu déterminer les gènes de résistance, *Sr* 6 à *Sr* 12, présents dans une vingtaine de variétés utilisées actuellement comme géniteurs dans beaucoup de pays. L'auteur a précisé l'action de ces gènes sur le comportement à l'égard des races 15 B et 56, et il a pu localiser une partie d'entre eux sur les chromosomes déterminés, en s'appuyant sur les travaux de SEARS et RODENHISER (9).

De semblables travaux présenteraient un intérêt certain pour l'orientation de la sélection en Europe. L'identification des gènes de résistance aux races de rouille noire prévalentes lors des grandes épidémies, permettrait d'orienter la recherche de géniteurs. Mais la connaissance des différents gènes de résistance présents dans l'espèce « blé tendre » doit s'accompagner de l'étude des interactions de ces divers gènes, qui sont encore fort mal connues. D'autre part, l'importance des facteurs modificateurs a été trop souvent négligée dans les études théoriques conduites jusqu'à présent. La pratique de la sélection montre pourtant qu'on obtient, à partir d'un même géniteur de résistance, des résultats fort différents suivant les variétés sensibles utilisées.

Dans une étude conduite en 1952 et 1953 sur trois croisements, mettant en jeu trois variétés sensibles opposées à une même variété résistante (*G*. 80-3), VINCENT, POCHARD et GIGNOUX (11) ont mis en évidence l'importance des divers allèles de sensibilité, présents, chez les variétés sensibles, aux deux locus correspondant aux gènes majeurs de résistance portés par *G 80-3*.

Il apparaissait également, dans ces croisements, que les interactions entre facteurs de résistance et facteurs de sensibilité se manifestaient de façon très différente suivant l'âge de la plante. La distinction habituelle entre gènes « *d'immunité* » effectifs, en principe, tout au long de la vie de la plante, et gènes de *résistance au stade adulte* se manifestant seulement après l'épiaison de la plante, semble assez artificielle. Plusieurs des combinaisons géniques observées, n'entrent dans aucune de ces catégories.

Les résultats obtenus par CAMPOS, GIBLER et BORLAUG (3) confirment la généralité des phénomènes qui conduisent à une concordance très

imparfaite entre les notations en serre, sur plantules, et au champ, sur plantes adultes.

Il importe, pour la conduite de la sélection, de mieux connaître l'influence du stade végétatif du blé sur l'expression de la résistance. Les combinaisons géniques les plus intéressantes, dans ce domaine, sont évidemment celles qui conduisent au type de réaction dit « immunité », car elles permettent d'effectuer une sélection précise et sûre en serre, dans des conditions parfaitement contrôlées, alors qu'en champ, les conditions climatiques, souvent défavorables à l'extension maximum du parasite, rendent la sélection plus aléatoire.

Les travaux rapportés ici ont essentiellement pour objet d'étudier, sur des variétés ayant déjà été utilisées comme géniteurs de résistance, ou pouvant l'être à l'avenir, les interactions entre les divers facteurs de résistance et également, les interactions entre facteurs de résistance et facteurs de sensibilité.

Un seul biotype de rouille noire a, jusqu'à présent, été utilisé pour caractériser les gènes de résistance, mais les diverses combinaisons géniques mises en évidence, seront par la suite, étudiées sous l'angle de leur activité vis-à-vis des quelques autres biotypes rencontrés lors des grandes épidémies naturelles.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I. — Les variétés

Les variétés utilisées ont été choisies en fonction de leur origine génétique aussi diverse que possible. Ces variétés sont : *Kénya* 338 *A*, *Timstein*, *Hope*, *Cérès*, *Celebration*, *Mac Murrachy*, *G* 80-3, et *Nord-Desprez*.

Tous les croisements possibles ont été réalisés entre ces 8 variétés (croisements diallèles), afin de déterminer le nombre de loci mis en jeu dans l'ensemble des croisements.

Les résultats concernant 4 *variétés* (3 résistantes et 1 sensible) seront seuls étudiés ici, l'analyse complète de l'ensemble des croisements n'ayant pu être conduite jusqu'à présent. Les variétés comprises dans cette analyse sont : *G* 80-3, *Celebration*, *Mac Murrachy* (variétés résistantes) et *Nord-Desprez* (variété sensible).

G 80-3 est une lignée de l'hybride : [(*Martin* × K_3) *Hohenheimer*] × *Oro*, ayant servi de géniteur à la station de Versailles pour sa résistance aux races de rouille noire habituelles en France (Guyot, Massenot et Saccas — 5). Elle tire sa résistance de *Oro* et de K_3.

Celebration est une variété Australienne. Elle a été utilisée comme géniteur en raison de sa résistance au stade adulte.

Mac Murrachy a été trouvé, au Canada, dans un champ de *Garnet.* Son origine génétique est inconnue.

Nord-Desprez est issue du croisement *Hybride du Joncquois* × *Vilmorin 27.* C'est une variété très sensible aux races habituelles en France.

II. — La rouille

L'inoculum utilisé dans les contaminations en serre et en champ résulte de la multiplication d'une souche issue d'une seule urédospore. Ce biotype de rouille a des caractéristiques très voisines de celles décrites sous le numéro 21 par STAKMAN et LEVINE (10).

Il est à remarquer que ce biotype 21 (qui est le plus souvent rencontré dans les épidémies naturelles en Europe Occidentale) a des caractéristiques de virulence assez voisines de celles de deux autres races composant l'inoculum naturel (races 17 et 14), au moins en ce qui concerne les variétés de blé cultivées en France. Celles qui sont peu sensibles à la race 21 sont également peu sensibles aux deux autres.

III. — Techniques de contamination

a) Contaminations artificielles en serre.

Elles se font sur des plantules âgées de 10 jours environ, au moment où pointe la deuxième feuille.

Les urédospores, conservées à + 3°, dans une atmosphère sèche, sont mélangées à 50 fois leur volume de talc et répandues par poudrage sur les feuilles. Les plantules sont ensuite couvertes pendant 48 heures par des tentes transparentes en polyéthylène. La température est maintenue entre 20° et 22°, et l'humidité relative aussi élevée que possible pendant la période d'incubation.

En hiver, un *éclairage* d'*appoint* est apporté par des tubes luminescents, de manière à prolonger jusqu'à 15 h. la durée d'éclairement journalier. Pour l'éclairage d'un mètre carré de paillasse, on utilise quatre tubes fluorescents du type « lumière du jour » de 40 W. et un tube rouge de 40 W. ayant son maximum d'émission vers 6,500 Å.

Les pustules apparaissent au bout de 8 jours environ et la notation peut se faire 12 jours après la contamination.

Dans chaque terrine de cinq lignées, on inclut un témoin sensible pour vérifier l'homogénéité de la contamination.

b) **Contaminations artificielles en champ.**

Elles ont lieu dans la deuxième quinzaine de mai, lorsque la plupart des plantes sont proches de l'épiaison. On opère par pulvérisation d'une suspension d'urédospores dans de l'eau (environ 1cc d'urédospore pour 20 litres d'eau). Un mouillant glucidique non toxique est ajouté à l'eau, ainsi qu'un produit adhésif.

La notation se fait lorsque les plantes ont atteint la maturité, alors que la rouille est au stade téleutospore.

IV. — Méthodes de notation

a) **Les notations en serre** se font suivant l'échelle de STAKMAN et LEVINE (10).

Pratiquement, les plantes se répartissent aisément, dans les 6 croisements étudiés ici, en deux catégories :

Note : 0 et 0 ; = plantes très résistantes.

Note : 3 et 4 = plantes très sensibles.

On trouve parfois quelques plantes présentant des notes 1, et plus rarement, 2. Ce type de réaction ne s'est, dans aucun cas, présenté d'une manière homogène dans des lignées entières. Il n'apparaît que sporadiquement, dans des lignées présentant par ailleurs des notes 0 et 3-4. On ne peut pas rapporter ce phénomène à l'action d'un génotype particulier, mais il semble se produire surtout chez les hétérozygotes. On peut considérer ces notes 1 et 2, présentant toujours une limitation de la sporulation liée à la présence de zones chlorotiques autour des urédosores, comme l'évolution extrême du type 0 ; dans certaines conditions de milieu (températures plus élevées, en particulier) et, peut-être, sous l'influence de facteurs génétiques secondaires.

b) **Les notations en champ** se font au moment de la récolte, suivant une échelle tenant compte à la fois de la surface couverte par les pustules (téleutosores) et du type de pustule.

Le col de l'épi (portion de tige comprise entre l'épi et la dernière feuille), et la dernière gaine sont notés séparément. La moyenne de ces deux notes est utilisée pour caractériser le type de réaction de la plante au stade adulte. Il est d'ailleurs rare que ces deux notes diffèrent de plus d'un point.

L'échelle de notation fait intervenir à la fois *le type de pustule* (très peu sporifère ou très sporifère, largement ouverte), et *la surface couverte* par les pustules (la partie de la tige se trouvant près de la gaine foliaire étant souvent atteinte alors que la partie proche de l'épi ne l'est pas).

Cette échelle est la suivante :

0 = aucune pustule visible,

0,5 = quelques pustules très étroites, très peu sporifères,

1 = moins de 20 p. 100 de la surface couverte de très petites pustules,
1,5 = plus de 20 p. 100 de la surface couverte de très petites pustules,
2 = quelques grosses pustules très sporifères,
3 = moins de 20 p. 100 de la surface couverte de grosses pustules,
4 = de 20 à 50 p. 100 de la surface couverte de grosses pustules,
5 = surface entièrement couverte de grosses pustules.

Entre les notes inférieures et supérieures à 1,5, il y a donc une différence d'ordre qualitatif, liée à l'aspect des pustules.

Du fait de l'influence des facteurs du milieu non contrôlés et également des facteurs génétiques, tels ceux conditionnant le rythme de développement, les notes varient d'une manière continue dans les générations en disjonction pour les facteurs de résistance. Mais la distribution est toujours plurimodale ce qui permet de distinguer l'influence des gènes majeurs. Les types de réaction 0 et 0,5 sont extrêmement nets et peu susceptibles de fluctuations. C'est surtout la proportion de plantes présentant ce type de réaction à la rouille qui est prise en ligne de compte.

Les 4 variétés utilisées dans les croisements diallèles ont leurs notes en serre, sur plantules, et en champ, sur plantes adultes, consignées dans le tableau I.

TABLEAU I

Types de réaction à la race 21 des quatre variétés utilisées dans les croisements.

Variétés	Notes en serre (0 à 4)	Notes en champ (0 à 5)
G 80-3	0	0-0,5
Mac Murrachy	0-0 ;	0
Celebration	4	0,5-1
Nord-Desprez	4	4-5

V. — Interprétation des disjonctions

Les disjonctions sont étudiées sur deux générations successives : F_2 et F_3. Un échantillon de 100 plantes environ de chacune des F_2 est noté en champ suivant l'échelle décrite précédemment. Chaque plante est numérotée, et sa descendance semée en serre (30 plantes par lignée F_3).

L'interprétation des disjonctions est conduite sur les résultats de serre, en F_3. Elle est basée sur l'étude de la répartition des lignées en *lignées homogènes résistantes* (notes 0 et 0 ;), *lignées en disjonction* (notes 0 à 4), *lignées homogènes sensibles* (note 4).

La proportion de plantes sensibles et résistantes dans les lignées en disjonction est ensuite étudiée et une hypothèse peut alors être faite

sur le nombre et le type d'interaction des facteurs actifs en serre présents dans le croisement.

On est ainsi conduit à attribuer à chaque plante maternelle F_2 une certaine composition génotypique en ce qui concerne les facteurs actifs au stade « plantule ». Les diverses catégories génotypiques F_2 ont en principe, des notes de sensibilité en champ homogènes. Si ce n'est pas le cas, on est conduit à faire l'hypothèse de l'intervention d'un ou plusieurs facteurs effectifs seulement au stade adulte.

Sur le tableau II se trouvent résumés les principaux résultats obtenus dans les six croisements étudiés.

TABLEAU II

Résumé des disjonctions observées sur les 6 croisements étudiés.

Croisements	Disjonction en serre (résistants : sensibles)	Note en F_3 (serre)	Disjonction en champ (résistants : sensibles)	Note en F_2 (champ)
G 80-3 × Nord-Desprez...	Bifactorielle (13 : 3)	0 à 4	Bifactorielle (1 : 15)	0 à 5
Mac Murrachy × Nord-Desprez..............	Bifactorielle (6 : 10)	0 à 4	Monofactorielle (1 : 3) (+ modificateurs)	0 à 5
Celebration × Nord-Desprez..............	Homogène sensible	4	Bifactorielle (1 : 15)	0,5 à 5
Celebration × G 80-3.....	Monofactorielle (3 : 1)	0 à 4	Bifactorielle (7 : 9)	0 à 4
Mac Murrachy × G 80-3..	Bifactorielle (15 : 1)	0 à 4	Trifactorielle (+ modificateurs)	0 à 3
Mac Murrachy × Celebration..............	Bifactorielle (10 : 6)	0 à 4	Bifactorielle (7 : 9)	0 à 4,5

ANALYSE DES DISJONCTIONS

I. — Croisement : G 80-3 × Nord-Desprez

a) Etude des lignées F_3 d'après les notations en serre.

1) RÉPARTITION DES LIGNÉES D'APRÈS LE TYPE DE DISJONCTION.

Les 57 lignées, composées au total de 1 420 plantes, se répartissent de la façon suivante :

— Homogènes résistantes (notes 0 et 0 ;) : 22.
— En disjonction (notes 0 à 4) : 30.
— Homogènes sensibles (note 4) : 5.

Cette répartition n'est pas compatible avec une transmission monofactorielle du type : 1 : 2 : 1 (probabilité de χ^2 inférieure à 0,001). D'autre part, l'ensemble des lignées en disjonction a une répartition en plantes résistantes et plantes sensibles qui n'est pas homogène.

Par contre, on peut admettre que l'on a affaire à la ségrégation de deux gènes de résistance, R_1 et R_2. Conventionnellement on peut désigner les gènes de résistance au stade plantule par la lettre R. L'emploi de majuscules ne fait intervenir aucune hypothèse, dans le cas qui nous concerne, sur la dominance des gènes que ces lettres désignent, mais indique seulement une action dans le sens d'une résistance accrue. Le chiffre en indice se rapporte au locus intéressé.

Dans cette hypothèse bifactorielle, on est conduit à admettre que R_1 est actif en dose simple comme en dose double (gène dominant) et R_2 seulement en dose double (gène récessif).

Au tableau III figure la comparaison des fréquences théoriques, calculées d'après l'hypothèse ci-dessus, et les fréquences observées des diverses catégories de lignées. On obtient un χ^2 de 2,35, dont la probabilité est comprise entre 0,50 et 0,70.

Les lignées en disjonction 13 : 3 et 3 : 1 ne se distinguent généralement pas, leurs zone de probabilité se recouvrant largement. La répartion a été faite en type 13 : 3 et 3 : 1 ; d'après les moindre valeurs de χ^2.

TABLEAU III

(G. 80-3 × Nord-Desprez) — Répartition des lignées F_3 *dans l'hypothèse bifactorielle.*

Génotype de la plante F_2	Type de la lignée F_3	Proportion théorique	Nombre théorique	Nombre observé
$\frac{R_1}{R_1}$ ou $\frac{R_2}{R_2}$	Homogène résistante	7/16	24,94	22
$\frac{R_1\ r_2}{r_1\ r_2}$	disjonction 3 : 1	2/16	7,12	9
$\frac{R_1\ R_2}{r_1\ r_2}$	disjonction 13 : 3	4/16	14,25	16
$\frac{r_1\ R_2}{r_1\ r_2}$	disjonction 1 : 3	2/16	7,12	5
$\frac{r_1\ r_2}{r_1\ r_2}$	homogène sensible	1/16	3,56	5
Total		1	57	57

2) RÉPARTITION DES PLANTES DANS LES LIGNÉES EN DISJONCTION.

Deux types de χ^2 doivent être utilisés, l'un testant la répartition des plantes résistantes et sensibles sur l'ensemble des lignées en disjonction (χ^2 déviation = χ^2D), l'autre permettant de vérifier l'homogénéité du groupe (χ^2 hétérogénéité = χ^2H).

Il n'est pas possible, dans ce croisement, de tester l'homogénéité

de la distribution des plantes résistantes et sensibles dans les lignées en disjonction 13 : 3 et 3 : 1 étant donné la répartition, assez arbitraire, des lignées entre ces deux types, très voisins, de disjonction.

— Lignées en disjonction probable 3 : 1 (9 lignées)
Plantes résistantes (note 0 à 1) : 183
Plantes sensibles (note 4) : 70
$\chi^2D = 0{,}945$ P = 0,30

— Lignées en disjonction probable 13 : 3 (16 lignées)
Plantes résistantes (note 0 à 2) : 370
Plantes sensibles (note 4) : 74
$\chi^2D = 1{,}27$ P = 0,20 — 0,30

— Lignées en disjonction 1 : 3 (5 lignées)
Plantes résistantes (note 0 à 2) : 35
Plantes sensibles (note 4) : 104
$\chi^2D = 0{,}002$ $P > 0{,}90$,
$\chi^2H = 2{,}80$ P = 0,50-0,70.

b) **Répartition des plantes F_2 en champ (au stade adulte).**

On a ici une répartition du type 1 : 15, le nombre de plantes aussi résistantes que le parent *G* 80-3 (note 0-0,5) étant réduit à 5, sur 57 plantes observées (χ^2 = 0,620, P = 0,30-0,50).

Parmi les plantes sensibles, plus de la moitié ont des notes égales ou supérieures à 4, c'est-à-dire semblables à celles du parent sensible, *Nord-Desprez.*

c) **Comparaison des notes F_2 et F_3.**

Dans le tableau IV, se trouvent confrontés les types de disjonction observés en F_3 et les notes données aux plantes maternelles F_2 correspondantes.

TABLEAU IV

Comparaison des notes de sensibilité des plantes maternelles F_2, au stade adulte, et des types de disjonction observés sur les lignées F_3, en serre.

F_3		F_2	
Type des lignées	Nombre	Nombre de plantes	Notes
Homogènes résistantes	22	5 11 3 3	0-0,5 2-3 3-4 4-5
En disjonction *13 : 3* et *3 : 1*	30	30	2-4
En disjonction *1 : 3*	5	5	4-5
Homogènes sensibles	5	5	4-5

— Les lignées homogènes-sensibles en serre et en disjonction 1 : 3 sont toutes issues de plantes F_2 très sensibles (note 4 à 5). Il ne semble pas y avoir ici action de facteurs effectifs seulement au stade adulte.

— Les lignées F_3 homogènes-résistantes en serre sont issues de plantes F_2 ayant des notes pouvant aller de 0 à 5, mais toutes les plantes F_2 ayant des notes 0 à 0,5 ont donné des lignées F_3 résistantes. On peut admettre la correspondance suivante :

$[R_1R_1\ R_2R_2]$	=	0-0,5,	5 plantes (3,14)
$[R_1R_1\ R_2r_2]$	=	2-3	11 plantes (12,58)
$[R_1r_1\ R_2R_2]$	=	2-3	
$[R_1R_1\ r_2r_2]$	=	3-4,	3 plantes (3,14)
$[r_1r_1\ R_2R_2]$	=	4-5,	3 plantes (3,14)

Entre parenthèses figure le nombre théorique de plantes dans chaque catégorie. Cette distribution donne un χ^2 de 3,31 (P = 0,50-0,70).

Ainsi, on est amené à supposer que les facteurs R_1 et R_2 ont, en champ, une action au moins partiellement inhibée par la présence des allèles de sensibilité r_1 et r_2. En particulier, R_2 R_2, donnant en serre des notes 0 à 0 ; (au stade plantule), n'apporte aucune résistance en champ (note 4 à 5), en présence de r_1 r_1, gènes de sensibilité portés par *Nord-Desprez*.

Dans le croisement étudié, seule la présence de R_1 et R_2 en dose double peut conduire à une résistance complète aussi bien en champ qu'en serre, comparable à celle du parent *G* 80-3.

Ce même croisement, étudié plusieurs années auparavant dans des conditions de moindre extension de la rouille, avait permis de constater que la présence de R_1 et R_2 en dose simple (double hétérozygote), conduisait à un niveau de résistance assez élevé (note 1 à 2). Nous constatons au contraire, ici, que les plantes possédant ce génotype ont des notes variant de 2 à 4. Le niveau moyen de sensibilité, en champ, des plantes possédant ce génotype, est nettement plus élevé dans le cas présent. D'autre part, les notes ne sont pas homogènes à l'intérieur de ce groupe de plantes, variant de 2 à 4. Cela semble indiquer que des facteurs secondaires interviennent pour modifier le comportement de la plante vis-à-vis du parasite.

II. — Croisement Mac Murrachy × Nord-Desprez

a) Étude des lignées F_3 d'après les notations en serre.

1) Répartition des lignées.

La répartition des lignées en trois groupes : homogènes-résistantes, en disjonction, et homogènes-sensibles, s'ajuste bien au modèle 1 : 2 : 1, mais la distribution des plantes résistantes et sensibles dans les lignées

en disjonction n'est pas homogène (Prob. de $\chi^2 < 0{,}001$). On est conduit à faire intervenir deux gènes de résistance R_3 et R_4 dont l'action sur la résistance des plantules est schématisée dans le tableau V.

TABLEAU V

(*Mac Murrachy* × *Nord-Desprez*) — *Répartition des lignées F_3.*

Génotype F_2	Type F_3	Proportion théorique	Nombre théorique	Nombre observé	
$\frac{R_3}{R_3}$	homogènes résistantes	4/16	5	7	$\chi^2 = 2{,}80$
$\frac{R_3\ R_4}{r_3\ R_4}$	disjonction 3 : 1	2/16	2,5	3	
$\frac{R_3\ R_4}{r_4\ r_4}$	disjonction 6 : 10	4/16	5	5	
$\frac{R_3\ r_4}{r_3\ r_4}$	disjonction 1 : 3	2/16	2,5	3	
$\frac{r_3}{r_3}$	homogènes sensibles	4/16	5	2	P = 0,30 - 0,50
Total		1	20	20	

2) RÉPARTITION DES PLANTES DANS LES LIGNÉES EN DISJONCTION

— Lignées en disjonction probable 3 : 1 (3 lignées) :

Plantes résistantes (0-0 ;) : 63

Plantes sensibles (4) : 19

$\chi^2 D = 0{,}147$ P = 0,50-0,70

$\chi^2 H = 1{,}99$ P = 0,30-0,40

— Lignées en disjonction probable 6 : 10 (5 lignées) :

Plantes résistantes (0-0 ;) : 47

Plantes sensibles (4) : 64

$\chi^2 D = 1{,}400$ P = 0,20-0,30

$\chi^2 H = 1{,}750$ P = 0,50-0,70.

— Lignées en disjonction probable 1 : 3 (3 lignées) :

Plantes résistantes (0-0 ;) : 19

Plantes sensibles (4) : 55

$\chi^2 D = 0{,}018$ P = 0,90

$\chi^2 H = 2{,}14$ P = 0,30-0,40

On est conduit à admettre la relation suivante entre les divers génotypes et les types de réaction en serre :

$R_3\ R_3$		: 0
$R_3\ r_3$	$R_4\ R_4$	: 0
	$R_4\ r_4$	: 4
	$r_4\ r_4$	: 4
$r_3\ r_3$		: 4

Le gène R_3 est un gène effectif en dose double. En dose simple, son action est fonction de la présence du gène R_4 en dose double. On peut considérer que le gène de sensibilité r_4, allèle de R_4, est épistatique de R_3, puisque sa présence empêche l'expression de ce gène de résistance.

b) **Comparaison des notes F_2 et F_3.**

Dans le tableau VI se trouvent confrontées les observations sur les plantes F_2 et sur les lignées F_3 qui en sont issues.

Toutes les lignées *homogènes résistantes* sont issues de plantes résistantes en champ (note 0-0,5).

Les lignées *homogènes sensibles*, et en *disjonction* 1 : 3 sont issues de plantes semsibles en champ (note 4).

Par contre, les lignées en *disjonction* 3 : 1 et 6 :10 sont issues de plantes F_2 ayant des notes variant de 0 à 4.

On peut interpréter ces observations en faisant les hypothèses suivantes :

R_3 détermine une résistance complète, en champ et en serre, en dose double. Sa dominance est sous la dépendance de facteurs secondaires, tel R_4, effectif en serre et également d'un autre facteur effectif au stade adulte en présence de R_4.

Il semble, dans ce croisement comme dans : *G* 80-3 × *Nord-Desprez*, que les facteurs modificateurs ont une action sensible surtout sur les hétérozygotes. On peut rapprocher cette observation de celles faites précédemment par Vincent, Pochard et Gignoux (11), sur l'apparition en serre de types X (c'est-à-dire hétérogènes) chez les hétérozygotes.

Tableau VI

(*Mac Murrachy* × *Nord-Desprez*)
Comparaison des notations F_2 et F_3.

F_3 (serre)		F_2 (champ)	
Type de lignée	Nombre	Nombre de Plantes	Note
Homogène résistante	7	7	0-0,5
Disjonction 3 : 1 et 6 : 10	8	3 4 1	0-0,5 1-2 4
Disjonction 1 : 3	3	3	4
Homogène sensible	2	2	4

III. — Croisement Célébration × Nord-Desprez

a) Étude des lignées F_3 au stade plantule.

Toutes les lignées sont homogènes-sensibles, de même sensibilité que les parents *Celebration et Nord-Desprez* (note 4).

b) Répartition des plantes F_2 en champ.

On observe des notes variant de 0,5 à 5. La résistance au stade adulte de *Celebration* semble pouvoir être attribuée à l'interaction de deux facteurs de résistance au stade adulte A_1 et A_2.

A_1 serait actif en dose double (donnant des notes de 0,5 à 1,5). La forte résistance (0,5) serait obtenue en présence de A_2 en dose double également. A_2 n'aurait pas d'action en l'absence de A_1.

Cette hypothèse conduit aux répartitions théoriques, figurant au tableau VII, dont ne s'éloigne pas significativement la distribution observée.

TABLEAU VII

(*Celebration* × *Nord-Desprez*).
Répartition des plantes F_2 et génotype probable.

Note de champ	Génotype supposé	Proportion théorique	Nombre théorique	Nombre observé	
0,5	$\frac{A_1\ A_2}{A_1\ A_2}$	1/16	4	4	$\chi^2 = 0{,}750$
1-1,5	$\frac{A_1\ A_2}{A_1\ a_2}$ et $\frac{A_1\ a_2}{A_1\ a_2}$	3/16	12	12	
2,5-3	$\frac{A_1\ A_2}{a_1\ A_2}$ et $\frac{A_1\ A_2}{a_1\ a_2}$	6/16	24	21	
4-5	$\frac{A_1\ a_2}{a_1\ a_2}$ et $\frac{a_1\ a_2}{a_1\ a_2}$	6/16	24	27	P = 0,80 - 0,90
Total		1	64	64	

IV. — Croisement Célébration × G 80-3

a) Études des lignées F_3 au stade plantule.

1) RÉPARTITION DES LIGNÉES.

La distribution des lignées *homogènes* et en *disjonction* se rapproche fortement du type monofactoriel. Cette distribution figure au tableau VIII.

TABLEAU VIII

Répartition des lignées F_3, en serre, dans le croisement Célébration × G 80-3.

F_2	F_3	Proportion théorique	Nombre théorique	Nombre observé	
$\frac{R_1}{R_1}$	homogène résistante	1/4	22,25	22	χ^2 0,150
$\frac{R_1}{r_1}$	disjonction 3 : 1	2/4	44,50	43	
$\frac{r_1}{r_1}$	homogène sensible	1/4	22,25	24	P > 0,90
Total		1	89	89	

2) RÉPARTITION DES PLANTES DANS LES LIGNÉES EN DISJONCTION.

Si l'on considère l'ensemble des 43 lignées en disjonction, on a la répartition :

Plantes résistantes (type 0 à 2) : 877

Plantes sensibles (4) : 328

$\chi^2D = 3{,}17$ P = 0,05-0,10

$\chi^2H = 93{,}99$ P = 0,01

On se trouve en présence de 4 lignées présentant une disjonction non compatible avec l'hypothèse 3 : 1, présentant toutes un excès de plantes sensibles. Il semble que l'on puisse imputer cela à une erreur de notation, car, dans ce croisement, les hétérozygotes présentent souvent des notes 1 et 2 (mais non d'une façon homogène). Le type 2 très évolué peut, dans certains cas, être confondu avec un type 4.

En retirant de l'analyse générale ces 4 lignées, on a une répartition qui est, cette fois, très voisine d'une répartition de type 3 : 1.

Plantes résistantes : 814

Plantes sensibles : 268

$\chi^2D = 0{,}030$ P = 0,80-0,90

$\chi^2H = 48{,}45$ P = 0,30-0,50

b) **Notation des plantes F_2 au stade adulte.**

La proportion de plantes résistantes (note 0-0,5) est de 40 sur 89. Cette répartition est compatible avec une disjonction de type 7 : 9 ($\chi^2 = 0{,}05$ P = 0,80-0,90).

On peut, ainsi, admettre l'action de deux facteurs de résistance, effectifs en dose double ou, si l'on veut, de deux facteurs complémentaires de sensibilité.

c) Comparaison des notations F_2 et F_3.

Cette comparaison est schématisée dans le tableau IX.

TABLEAU IX

(Celebration × G 80-3) Comparaison des notations F_2 et F_3.

F_3 (serre)		F_2 (champ)	
Type de lignée	Nombre	Nombre de plantes	Note
Homogène résistante	22	22	0-0,5
En disjonction	43	10 25 8	0-0,5 1-2 3-4
Homogène sensible	24	5 19	0,5-1 3-4

Toutes les lignées *homogènes-résistantes* en serre sont issues de plantes résistantes en champ. Le gène R_1, porté par *G* 80-3, est ici pleinement actif au stade adulte, contrairement à ce que nous avons vu dans le croisement *G* 80-3 × *Nord-Desprez,* où R_1 n'est pleinement actif qu'en présence de R_2.

D'autre part, en serre *G* 80-3 et *Célébration* ne diffèrent que par un seul gène. Il semble donc que *Célébration* porte lui aussi le gène R_2.

Les lignées F_3 *en disjonction et homogènes sensibles,* sont issues de plantes F_2 ayant des notes variant de 0 à 4 en champ.

On décèle ici l'action du facteur de résistance au stade adulte A_1 porté par *Célébration.*

D'après les observations consignées au tableau X, on peut admettre que le facteur A_1 de *Célébration* est pleinement effectif, en champ, en dose double.

TABLEAU X

(Célébration × G 80-3)

Répartition des plantes F^2 ayant donné des plantules sensibles en F_3.

Génotype		Notes de champ	Nombre de plantes	Proportions théoriques	Nombre théorique	
$R_1 r_1$	$A_1 A_1$	0-0,5	10	1/4	10,75	$\chi^2 = 1,325$
	$A_1 a_1$	1-2	25	2/4	21,50	
	$a_1 a_1$	3-4	8	1/4	10,75	P = 0,50
$r_1 r_1$	$A_1 A_1$	0,5-1	5	1/4	6	$\chi^2 = 0,222$
	$A_1 a_1$ / $a_1 a_1$	3-4	19	3/4	18	$P > 0,50$

Nous avons vu que A_1 n'est effectif en champ qu'en présence de A_2, qui dans ce croisement ne se disjoint pas et doit donc être présent dans *G* 80-3.

Celebration de son côté, étant supposé porter le gène R_2, il semble

qu'on puisse identifier A_2 et R_2, ou du moins penser qu'il s'agit d'allèles très voisins dans leur mode d'action.

Dans ce cas, un facteur tel que R_2, pourrait suivant la composition du locus r_1, conduire à des types de réaction très différents :

R_2 R_2 r_1^n r_1^n = 0 en serre — 4 à 5 en champ

R_2 R_2 r_1^c r_1 = 4 en serre — 4 à 5 en champ

R_2 R_2 r_1^m r_1^m = 4 en serre — 1,5 en champ

r_1^n, r_1^c et r_1^m sont les « allèles de sensibilité » portés respectivement par *Nord-Desprez*, *Celebration* et *Magdalena*. Les résultats concernant la variété *Magdalena* ont été publiés antérieurement (11).

R_2 R_2 A_1 A_1 = 4 en serre — 0,5 en champ

r_2 r_2 A_1 A_1 = 4 en serre — 1,5 en champ

R_2 peut être considéré comme un gène de résistance au stade adulte (chez *Magdalena* et *Célébration*), mais aussi comme un gène de résistance au stade plantule, qui, dans le croisement *G* 80-3 × *Nord-Desprez* n'est pas effectif en champ dans des conditions favorables au parasite.

Sans faire intervenir un grand nombre de loci, on peut comprendre ainsi comment, à partir d'un même géniteur de résistance, comme *G* 80-3, on peut obtenir des types de disjonction extrêmement variables suivant le parent sensible utilisé.

V. — Croisement Mac Murrachy × G 80-3

a) Étude des lignées F_3 au stade plantule.

1. Répartition des lignées.

La faible proportion de lignées homogènes-sensibles (7 sur 90) ainsi que la présence de lignées en disjonction probable (15 : 1) rend vraisemblable une hypothèse bifactorielle avec action de deux gènes dominants (il s'agirait ici de R_1 et R_3 portés respectivement par *G* 80-3 et *Mac Murrachy*). Cette hypothèse figure au tableau XI.

Tableau XI. — (*Mac Murrachy* × *G* 80-3)
Répartition des lignées F_3 en serre.

Génotype F_2	Type de la F_3	Proportion théorique	Nombre théorique	Nombre observé	χ^2
$\frac{R_1}{R_1}$ ou $\frac{R_3}{R_3}$	homogène résistant	7/16	39,38	40	χ^2 = 0,991
$\frac{R_1\ R_3}{r_1\ r_3}$	disjonction 15 : 1	4/16	22,50	19	
$\frac{R_1}{r_1}$ ou $\frac{R_3}{r_3}$	disjonction 3 : 1	4/16	22,50	24	
$\frac{r_1\ r_3}{r_1\ r_3}$	homogène sensible	1/16	5,62	7	P > 0,90
Total		1	90	90	

2. Répartition des plantes dans les lignées en disjonction.

— Disjonction probable 15 : 1 (19 lignées)
Plantes résistantes (0-1) : 561
Plantes sensibles (4) : 43
$\chi^2D = 0{,}779$ P = 0,30-0,50
$\chi^2H = 9{,}06$ P = 0,90

— Disjonction probable 3 : 1, (24 lignées)
Plantes résistantes (0-1) : 542
Plantes sensibles (4) : 169
$\chi^2D = 0{,}568$ P = 0,40-0,50
$\chi^2H = 16{,}74$ P = 0,40-0,50

Le gène R_2 de *G* 80-3 n'a pas ici d'action décelable.

b) Comparaison des notations F_2 et F_3.

Sur 90 plantes observées, 16 présentent en champ une note variant de 2 à 3, mais aucune plante très sensible. Ceci suggère que les deux parents ont en commun au moins un facteur de résistance au stade adulte, mais il est possible qu'avec un plus grand nombre de plantes, on ait pu trouver des plantes de type 4 ou 5.

Les 16 plantes présentant des notes 2 et 3 en champ ont donné des lignées appartenant à tous les types :

— lignées résistantes-homogènes = 4 (sur un total de 40)
— lignées en disjonction 3 : 1 = 4 (sur un total de 24)
— lignées en disjonction 15 : 1 = 3 (sur un total de 19)
— lignées homogènes-sensibles = 5 (sur 7 lignées sensibles).

Parmi les 40 plantes F_2 ayant donné des lignées F_3 homogènes résistantes, les 3/7, soit 17 environ, doivent avoir la composition génotypique R_1 R_1 r_3 r_3. Or, nous avons vu précédemment que R_1 était peu actif en champ en présence de r_2 r_2. On peut admettre, ici aussi, que la disjonction des allèles R_2 et r_2, portés par *G* 80-3 et *Mac Murrachy* respectivement, provoque l'apparition de ces plantes sensibles.

Par contre, deux plantes ne possèdant ni R_1 ni R_3 (plantes ayant donné des lignées homogènes en serre), ont montré une bonne résistance en champ (note 0,5). Un facteur supplémentaire, dont on ne peut déceler l'origine, entre en jeu ici.

VI. — Croisement Célébration × Mac Murrachy

a) Notation des lignées F_3 en serre.

1. Répartition des lignées.

On constate la présence de lignées *homogènes-résistantes* (note 0 à 0 ; sauf 3 lignées, présentant 3 à 5 plantes de note 1), de lignées *homogènes sensibles* (note 4), et lignées en *disjonction* présentant à la fois des plantes

de note 0 et 4. On distingue d'ailleurs la présence d'au moins 3 types de disjonction, se rapprochant des types 3 : 1, 10 : 6 et 1 : 3.

On se trouve en présence d'un type de disjonction analogue à celui qui a été observé dans *Mac Murrachy* × *Nord-Desprez* et que nous avons attribué à l'action de deux facteurs : R_3, facteur principal, et R_4 facteur modifiant la dominance de R_3 (R_3 récessif en présence de r_4 r_4 et dominant en présence de R_4 en dose simple ou double).

La répartition des lignées figure au tableau XII.

TABLEAU XII

Célébration × *Mac Murrachy* — *Répartition des lignées F_3*

Type de disjonction	Homogène résistant	Homogène sensible	Disjonction *3 : 1*	Disjonction *10 : 6*	Disjonction *1 : 3*
Répartition observée	8	8	7	8	4
Répartition théorique	8,75	8,75	4,37	8,75	4,37
χ^2 = 1,79	P = 0,70–0,80				

2. RÉPARTITION DES PLANTES DANS LES LIGNÉES EN DISJONCTION.

— Lignées en disjonction de type 3 : 1 :
Plantes résistantes (notes 0 et 1) : 147
Plantes sensibles (note 4) : 441

χ^2D = 1,02 P = 0,30 - 0,40
χ^2H = 4,27 P = 0,60 - 0,70

— Lignées en disjonction de type 10 : 6 :
Plantes résistantes (notes 0 et 1) : 120
Plantes sensibles (notes 3 et 4) : 91

χ^2D = 2,85 P = 0,09
χ^2H = 4,46 P = 0,70 - 0,80

— Lignées en disjonction de type 1 : 3 :
Plantes résistantes (notes 0 et 1) : 29
Plantes sensibles (note 4) : 113

χ^2D = 0,03 P = 0,80 - 0,90
χ^2H = 2,55 P = 0,30 - 0,50

On peut admettre que *Mac Murrachy* porte les gènes R_3 et R_4, R_4 n'ayant pas d'action décelable, en serre, en l'absence de R_3.

b) Comparaison des notes F_2 et F_3

Cette comparaison figure au tableau XIII.

TABLEAU XIII

(Celebration × Mac Murrachy) — Comparaison des notations F_2 et F_3.

F_3 (serre)			F_2 (champ)		
Type des lignées		Nombre	Génotype	Nombre	Note
Homogène résistant		8	$\frac{R_3}{R_3}$	7 1	0–0,5 1,5
En disjonction	*3 : 1*	7	$\frac{R_3}{r_3}\frac{R_4}{R_4}$	6 1	2–2,5 0–0,5
	10 : 6	8	$\frac{R_3}{r_3}\frac{R_4}{r_4}$	4 4	2–2,5 0–0,5
	1 : 3	4	$\frac{R_3}{r_3}\frac{r_4}{r_4}$	3 1	2–2,5 1,5
Homogène sensible		8	$\frac{r_3}{r_3}$	8	3,5–4,5

Les huit lignées *homogènes-résistantes* en serre sont issues de plantes F_2 résistantes ou assez résistantes en champ (note 0-0,5, sauf une plante de note 1,5).

Les huit lignées *homogènes-sensibles* sont issues de plantes sensibles (3,5 et 4,5) sauf deux d'entre elles qui sont assez résistantes (notes : 1,5 et 2).

Les dix-neuf lignées en *disjonction* sont issues de plantes ayant des notes comprises entre 2 et 3 sauf cinq d'entre elles ayant des notes 0 à 1.

Cette proportion de plantes résistantes est voisine de 1/4 ($\chi^2 = 0{,}017$, $P = 0{,}80 - 0{,}90$).

Dans ces deux dernières catégories on peut déceler l'action d'un gène de résistance au stade adulte de *Celebration*, tel A_1 mis en évidence dans le croisement III.

Le gène R_4 semble n'avoir aucune action en champ.

Par contre, on note une plante homozygote pour le gène R_3 et présentant la note 1,5.

Étant donné le faible nombre de plantes ayant pu être observées il n'est pas possible de préciser la composition génotypique responsable de la modification de l'expression de ce facteur, au stade adulte.

En ce qui concerne la résistance au stade adulte apportée par *Celebration*, on peut admettre que le gène A_1 est, ici, capable de donner des notes 1 à 2 en champ, en présence de r_3 r_3.

R_3 et A_1 ont ici une activité additive, sinon complémentaire, comme nous l'avons vu déjà pour R_1 et A_1.

INTERPRÉTATION D'ENSEMBLE

D'après les résultats des six croisements étudiés ici, il apparaît impossible de caractériser les différents gènes de résistance d'après leur mode d'action, c'est-à-dire d'après les types de réaction qu'ils sont susceptibles de donner en serre et en champ, par suite des interactions, alléliques ou non, modifiant l'effet de chacun des gènes.

Par contre, l'existence de répartitions mendéliennes en classes de sensibilité nettement distinctes, en serre, et la comparaison des disjonctions obtenues dans les trois croisements intéressant chaque variété, permettent de baser assez solidement les hypothèses concernant la composition génique des parents utilisés.

On peut admettre, d'après ces observations, la composition génique figurant au tableau XIV pour les 4 variétés ayant servi de géniteurs.

TABLEAU XIV

Génotype probable des variétés.

G 80-3	R_1	R_2				
Mac Murrachy	r_1^m	r_2^m	R_3	R_4		A_3
Célébration	R_1^c	R_2		r_4^c	A_1	
Nord-Desprez	r_1^n	r_2^n		r_4^n		

Les « allèles de sensibilité » « r » figurent sur ce tableau seulement lorsque leur action est épistatique de celle de certains gènes de résistance « R ».

Les gènes R_1 et R_3 sont des gènes majeurs, effectifs au stade plantule et adulte, mais leur action est soumise à l'influence des gènes situés aux locus 2 et 4.

A_1 est un gène effectif seulement au stade adulte, où son action est renforcée par R_2.

Le gène R_3 peut être identifié au gène *Sr* 6 mis en évidence par KNOTT (6, 7, 8) pour son activité vis-à-vis des races 15 B et 56. Le facteur est présent dans *Mac Murrachy*. Or *Sr* 6 est effectif vis-à-vis de la race 21 également, comme on peut le mettre en évidence sur la lignée isogénique *Marquis-Sr* 6, obtenue par KNOTT (les autres gènes Sr ne sont pas effectifs, par contre, vis-à-vis de la race 21).

Cependant, *Sr* 6 donne des réactions de type 2 lorsqu'il est porté par *Marquis*, alors que porté par *Mac Murrachy*, il donne des types 0 à 0 ; sans aucune production d'urédospores. *Marquis* doit porter des gènes de sensibilité modifiant l'expression de *Sr* 6. Par contre, *Sr* 6 est totalement efficace, en serre, dans les croisements mettant en jeu les variétés *Nord-Desprez* et *Celebration*, aussi sensibles, au stade plantule, que *Marquis*.

L'action affaiblissante ou même inhibitrice, vis-à-vis des gènes de résistance, des gènes r, apparaît surtout en ce qui concerne les locus 1 et 2.

On constate à ces locus, la présence de divers allèles de sensibilité, qui sont désignés ici par r_1^m, r_1^c, r_1^n, suivant qu'ils sont portés par *Mac Murrachy*, *Celebration*, ou *Nord-Desprez*.

$r_1^n\ r_1^n\ R_2R_2$ = 0 à 1 en serre, 4 à 5 en champ
$r_{11}^m\ r_1^m\ R_2R_2$ = 4 en serre, 2 à 3 en champ
$r_1^c\ r_1^c\ R_2R_2$ = 4 en serre, 4 à 5 en champ
$R_1R_1\ r_2^n\ r_2^n$ = 0 à 0 ; en serre, 2 à 3 en champ
$R_1R_1\ r_2^m\ r_2^m$ = 0 à 0 ; en serre, 0-0,5 en champ.

CONCLUSIONS

De l'examen de ces quelques résultats, on peut tirer des conclusions qui permettent d'éclairer le problème de la création de variétés résistantes à la rouille noire.

Nous nous sommes placés ici dans le cadre d'un seul biotype de rouille noire pour pouvoir analyser assez finement le phénomène de la transmission héréditaire des relations de compatibilité entre l'hôte et le parasite. Des contaminations faites avec des mélanges de différents biotypes ne permettent pas d'observer des disjonctions nettes. Quand les principales combinaisons génétiques intéressant le comportement vis-à-vis de la race 21 auront été reconnues et fixées, on pourra étudier leur activité vis-à-vis d'autres biotypes, appartenant en particulier aux races 34 et 40 dont la présence a déjà été signalée en France et dont la virulence diffère de celle de la race 21.

Il serait souhaitable d'entreprendre ce genre d'étude sur des lignées de blé ne différant que par leur composition allélique aux divers locus intéressant la réaction du blé à la rouille noire. Ceci s'inscrit dans un programme à assez longue échéance mettant en jeu des *back-cross* successifs avec une variété très sensible, par exemple *Prélude*, qui a déjà été utilisée par KNOTT dans un but similaire

Les principales remarques que l'on peut faire, d'après les travaux préliminaires qui sont rapportés ici, concernent surtout 5 points :

1° La résistance complète à la rouille, donnant une sporulation à peu près nulle en serre et en champ (car il semble impossible d'avoir une résistance totale au stade adulte sans que cela se manifeste également par une résistance totale en serre), ne semble pas pouvoir être obtenue à partir d'un seul gène de résistance, mais plutôt de l'interaction de deux ou trois gènes. Ce phénomène apparaît facilement lorsque l'on fait plusieurs *back-cross* avec une variété très sensible, et que l'on sélectionne seulement pour un facteur de résistance. Même si l'on est parti d'un géniteur réputé « immune », on tend à obtenir des types partiellement résistants, et qui

peuvent donner, au stade adulte, des notes 2 ou 2,5 sur 5, en particulier si la température est élevée au moment de l'infection.

2° On peut distinguer divers degrés dans l'efficacité des gènes de résistance, vis-à-vis d'une race déterminée ; en particulier au stade adulte. C'est ainsi que le gène R_3 porté par *Mac Murrachy* semble plus « efficace » que le gène R_1 porté par *G* 80-3.

3° Les interactions entre les divers gènes de résistance sont parfois de type *cumulatif*, mais souvent de type *complémentaire*, spécialement en serre, sur plantules.

4° Dans certains cas, on peut déceler, aux locus correspondant aux gènes de résistance, la présence de séries d'allèles de sensibilité. Les allèles se manifestent par la modification de la dominance des gènes de résistance. Ils ont parfois une action inhibitrice sur les gènes situés à d'autres locus ; c'est ainsi que dans *Celebration*, le gène de résistance R_2 est masqué par r_1^c en dose double.

5° Un même facteur, tel que R_2, peut être considéré comme un facteur de résistance au stade adulte (dans *Celebration*), un facteur de résistance au stade plantule (dans *G* 80-3), ou comme un facteur modificateur (dans les croisements I et V), suivant la composition des autres locus.

Ces quelques remarques pourront connaître des développements ultérieurs lorsque seront analysés, complètement, les croisements réalisés avec d'autres variétés résistantes : *Kénya* 338, *Timstein, Hope et Ceres.*

Le nombre de locus mis en jeu dans la résistance à un seul biotype de rouille paraît, d'ores et déjà, assez élevé.

D'autre part, chacun des *facteurs* majeurs de *résistance* possède sa propre spécificité et couvre un nombre de races parfois fort élevé. R_1 porté par *G* 80-3 et par la variété *Reliance*, est actif vis-à-vis de la moitié environ des races de rouille connues. R_3, porté par *Mac Murrachy*, couvre un nombre encore plus élevé de races.

En définitive, les facteurs les plus intéressants à utiliser en sélection sont ceux dont l'expression est la moins soumise aux variations du milieu et dont la spécificité couvre le plus grand nombre de races. L'étude plus approfondie des facteurs modificateurs permettrait de compléter les connaissances déjà acquises sur les gènes majeurs, et d'aider le sélectionneur à choisir les combinaisons de gènes assurant la meilleure résistance dans toutes les circonstances.

Reçu pour publication le 11 *janvier* 1960.

RÉSUMÉ

G 80-3 et *Mac Murrachy* portent chacun un gène majeur de résistance effectif en serre, sur plantules, et en champ, sur plantes adultes (R_1 et R_3 respectivement). Le degré de résistance déterminé par ces gènes, est fonction

de la présence d'allèles, situés à deux autres locus, qui renforcent ou diminuent l'action de ces gènes majeurs.

Le gène R_2 renforce l'action de R_1 au stade adulte. Il est porté par *G* 80-3 et *Celebration*. Le gène R_4, porté par *Mac Murrachy*, renforce l'action de R_3.

Par contre, les allèles de sensibilité r_1 et r_2, portés par *Nord-Desprez* et *Mac Murrachy* peuvent inhiber l'action de R_2 et R_1, respectivement, ou, du moins, diminuer fortement l'efficacité de ces gènes (relations d'épistasie).

Celebration porte un facteur de résistance A_1, qui ne se manifeste qu'au stade adulte.

SUMMARY

Genetic study of resistance to a biotype of stem-rust (Puccinia graminis tritici, race 21). I. Factors of resistance in the wheat varieties : G 80-3, Celebration and Nord-Desprez.

G 80-3 and *Mac Murrachy* both carry one dominant gene for resistance, active in greenhouse on seedlings, and in the field on adult plants (R_1 and R_3 respectively). The degree of resistance conditioned by these genes, depends on the presence of alleles at two other loci, which increase or decrease the action of these major genes.

The gene R_2 reinforces the action of R_1 at the adult stage. It is carried by *G* 80-3 and *Celebration*. The gene R_4 carried by *Mac Murrachy* reinforces the action of R_3.

On the other hand,the alleles of susceptibility r_1 and r_2 carried by *Nord-Desprez* and *Mac Murrachy* may inhibit the action of R_2 and R_1, respectively, or, at least, strongly decrease the efficiency of these genes (epistatic relations).

Celebration carries a factor of resistance A_1, which appears only at the adult stage.

ZUSAMMENFASSUNG

Genetisches Studium der Widerstandsfähigkeit gegenüber einem Biotyp des Schwarzrostes (Puccinia graminis tritici, Rasse 21).
I. Widerstandsfähigkeitsfaktoren der Weichweizensorten G 80-3, Celebration, Mac Murrachy und Nord-Desprez.

Jede der Sorten *G* 80-3 und *Mac Murrachy* ist Träger eines Widerstandsfähigkeits Oligogens wirksam im Gewächshaus auf Keimlinge und im Felde auf erwachsenen Pflanzen (respektiv R 1 und R 3). Der durch diese Gene bewirkte Widerstandsfähigkeitsgrad wird durch die Anwesenheit von Allelen, die an zwei anderen Loci gelegen sind und die Wirkung der Oligogene verstärken oder vermindern, bedingt.

Das Gen R 2 verstärkt die Wirkung von R 1 auf erwachsenen Pflanzen ; *G* 80-3 und *Celebration* sind Träger von R 2. Das Gen R 4 (Träger : *Mac Murrachy*) verstärkt die Wirkung von R 3.

Die Empfindlichkeitsgene r1 und r2, die man bei *Nord-Desprez* und *Mac Murrachy* findet, können dagegen respektiv die Wirkung von R 2 und R 1 untersagen oder mindestens stark unterdrücken (Epistasis).

Celebration ist Träger eines Widerstandsfähigkeitsfaktors A 1 der sich nur auf erwachsenen Pflanzen offenbart.

Генетическое изучение устойчивости к одному биотипу черной ржавчины (Puccinia graminis tritici-порода 21).

I. Факторы сопротивления носимые сортами мягкой пшеницы : G 80-3, Целебрацион, Мак-Мурраши и Нор-Дэпрэ.

Е. ПОШАР, Ж. ЮЕТ и С. ВЭРГАРА.

РЕЗЮМЕ

G 80-3 и *Мак-Мурраши* носят каждый, мажорный ген сопротивления действующий, в теплице на молодые растения и в поле, на развитые растения (R1 et R3 соответственно). Степень сопротивляемости определяемой этими генами является функцией присутствия алелей, находящихся в двух других локусах, которые или усиливают или ослабляют действие этих мажорных генов.

Ген R2 усиливает действие R1 в взрослой стадии. Его носит *G 80-3* и *Целебрацион*. Ген R4 носимый *Мак-Мурраши* укрепляет действие R3.

Наоборот, алели чувствительности *r* 1 и *r* 2, носимые *Нор-Дэпрэ* и *Мак-Мурраши* могут ингибировать действие R2 и R1 соответственно или, по меньшей мере сильно уменьшить эффективность этих генов (реляция эпистазии).

Целебрацион носит фактор устойчивости A1 наблюдаемый только в взрослой стадии.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) AUSEMUS (E. R.). — Breeding for disease resistance in wheat, oats, barley and flax. *Bot. Rev.*, **9**, 207-260, 1943.

(2) AUSEMUS (E. R.), HARRINGTON (J. B.), WORZELLA (W. W.) and REITZ (L. P.). — A summary of genetic studies in hexaploid and tetraploid wheats. *J. Amer. Soc. Agron.*, **38**, 1082-99, 1946.

(3) CAMPOS (T. A.), GIBLER (J. W.) and BORLAUG (N. E.). — Correlation of seedling and adult plant reaction to stem rust of wheat. *Phytopath.*, **43**, 468, 1933 (Ab.).

(4) ECOCHARD (R.), GILLET (M.) et TRINQUAND (E.). — L'évolution de la rouille noire sur la plante adulte de blé et son incidence sur le poids du grain. *Ann. Amél. Plantes*, 4, 307-323, 1954.

(5) GUYOT (A. L.), MASSENOT (M.), SACCAS (A.). — Sept ans d'expérimentation (1941-1947) sur les rouilles des céréales. *Ann. E. N. A. Grignon*, VI, 3, 1947-48.

(6) KNOTT (D. R.) and ANDERSON (R. G.). — The inheritance of rust resistance. I. The inheritance of stem rust resistance in ten varieties of common wheat. *Can. J. Agric. Sci.*, **36**, 174-195, 1956.

(7) KNOTT (D. R.). — II. The inheritance of stem rust resistance in six additional varieties of common wheat. *Can. J. Plant. Sci.*, **37**, 177-192, 1957.

(8) KNOTT (D. R.). — III. The inheritance of stem rust resistance in nine Kenya varieties of common wheat. *Can. J. Plant. Sci.*, **37**, 366-384, 1957.

(9) SEARS (E. R.). — The aneuploids of common wheat. *Mo. Agric. Expt. Sta. Res. Bull.*, 572, 1954.

(10) STAKMAN (E. C.) and LEVINE (M. N.). — The determination of biologic forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* sp. *Minn. Agric. Exp. Sta. Techn. Bull.*, 8, 1922.

(11) VINCENT (A.), POCHARD (E.) et GIGNOUX (J.). — Comportement aux stades plantule et adulte vis-à-vis d'une race physiologique de rouille noire, des descendances d'un géniteur résistant (*Triticum vulgare*). *Ann. Amél. Plantes*, 3, 353-374, 1954.

LA SÉLECTION DU COLZA D'HIVER BASÉE SUR L'ÉTUDE DES COMPOSANTES DU RENDEMENT

PAR

J. MORICE

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

I. — Recherche d'un critère de sélection pour le rendement.
Corrélations entre le rendement et différents caractères.
Résultats obtenus par divers auteurs.
Variation due au milieu et corrélations.
Intérêt du poids de graines par silique comme critère de sélection.
La silique considérée comme unité de production.
Corrélations entre rendement et poids de graines par silique.
Possibilités d'amélioration du rendement.

II. — Influence du nombre de plantes : essais densité de semis.
Essai 1956-57.
Essai 1957-58.
Conclusions de ces essais.

III. — Étude génétique de différents caractères : croisement diallèle
Méthode d'étude et matériel.
Résultats.

Conclusion.

INTRODUCTION

Si la biologie florale du colza permet de considérer cette espèce comme autogame, des opinions assez opposées ont été émises au sujet de l'existence d'un effet d'inbreeding, ce qui a conduit leurs auteurs à envisager des méthodes de sélection différentes. Le colza est autofertile et les déterminations de la proportion de fécondation croisée dans les conditions

naturelles ont donné des pourcentages variant entre 20 et 35 suivant les auteurs (SYLVEN 1920, OLSSON 1952, RIVES 1957, MANNER 1957). On peut certes faire des réserves sur la méthode d'estimation de ces chiffres, basée sur l'étude de la descendance de plantes ayant une couleur de fleurs récessive trouvées dans des populations présentant la couleur dominante, si l'on considère que les abeilles sont responsables d'une partie des fécondations croisées. Cependant, on peut admettre que la reproduction du colza s'effectue pour les deux tiers environ par autofécondation. L'existence de plantes autostériles dans les populations de colza (RIVES 1957, OLSSON et PERSSON 1958) pourrait peut-être, dans la mesure où elle permettrait l'utilisation pratique d'une éventuelle vigueur hybride, amener à traiter le colza comme une espèce allogame.

Avec le matériel autofertile normal, des résultats différents concernant les conséquences de l'inbreeding, ont conduit soit à utiliser une méthode de sélection d'espèce autogame, soit plus fréquemment, sans considérer le colza comme une espèce vraiment allogame, à envisager une méthode essayant d'utiliser un hypothétique hétérosis.

Les résultats obtenus par WAGNER (1954) qui a étudié différents caractères sur les générations successives de lignées tirées de la variété *Lembke*, montrent un effet d'inbreeding assez net. Il semble cependant que le matériel utilisé pour cette étude ne constitue pas un échantillon représentatif de la variété d'origine d'après les caractères de couleur de fleurs et de précocité (RIVES 1957). D'autre part, les croisements effectués entres les lignées ne montrent pas d'effet d'hétérosis sauf peut-être pour le nombre de siliques par plante, caractère extrêmement fluctuant, et la teneur en huile, les caractéristiques des F_1 restant toujours nettement inférieures à celles de la population de départ.

La méthode de sélection généralement adoptée en Allemagne et en Suède, qui a servi à la réalisation de plusieurs variétés cultivées, consiste à mélanger pour la production de semences un certain nombre de lignées en général tirées de la même population et choisies pour leur rendement propre plutôt que pour une quelconque aptitude à la combinaison. Les fécondations croisées qui s'effectuent au hasard pendant les quelques générations de multiplication ne permettent pas la manifestation d'une vigueur hybride, ce qui serait à la rigueur possible s'il n'y avait qu'une année de multiplication, mais ramènent pratiquement la variété synthétique ainsi réalisée à un niveau peu différent de la population d'origine comme l'a montré RIVES en comparant les rendements en France de la variété suédoise *Matador* à la variété *Alsace* qui était pratiquement très peu différente de *Lembke*.

MANNER (1959) a étudié l'intérêt d'un mélange de lignées par rapport aux lignées elles-mêmes. Il a comparé des lignées tirées des variétés *Matador* et *Regal* et choisies pour leur rendement supérieur à ces variétés,

d'une part aux variétés d'origine, d'autre part à différents mélanges : mélange des lignées issues de *Matador*, des lignées issues de *Regal* et de l'ensemble des lignées ; ces trois types de mélanges étant considérés l'année de leur réalisation et après une année de multiplication en fécondation libre. Les résultats montrent que les performances des mélanges ne correspondent pas à la moyenne des lignées qui les composent mais plutôt aux populations de base, sauf pour le mélange qui a subi une année de multiplication, ce qui paraît d'ailleurs assez anormal. Dans tous les cas, les meilleures lignées ont donné des résultats supérieurs à ceux des mélanges. L'auteur attribue le meilleur rendement après une génération en mélange à un hétérosis dû aux 35 p. 100 de fécondation croisée qu'il admet. Un autre argument en faveur d'un mélange de lignées serait une plus grande sécurité d'un rendement régulier en face d'adversités variées. Ceci peut être valable pour d'autres espèces autogames pouvant subir des dégâts dus à différentes conditions climatiques et surtout susceptibles d'être attaquées par diverses maladies possédant des races physiologiques. Ce n'est pas le cas du colza dont les ennemis les plus dangereux sont la maladie des taches noires (*Alternaria brassicae*) et les insectes parasites, qui sont polyphages et pour lesquels il n'existe pas de lignées plus ou moins résistantes. En ce qui concerne la résistance au froid, il est possible de réunir dans une lignée la résistance aux différents types de froid que peut subir le colza.

Nos observations sur des lignées ayant subi l'autofécondation pendant un nombre plus ou moins grand de générations ne nous ont pas montré de diminution sensible de vigueur et les résultats des essais comparatifs dans lesquels se sont trouvées de nombreuses lignées de colza obtenues par sélection généalogique à partir de croisements ou tirées de diverses populations montrent la possibilité d'obtenir des lignées nettement plus productives que les variétés populations actuelles ou présentant des caractéristiques particulières plus intéressantes que celles-ci (teneur en huile et résistance au froid par exemple). Le colza peut donc être considéré comme une espèce autogame et l'objectif de la sélection sera l'obtention de lignées intéressantes utilisables directement comme variétés nouvelles, ce qui exige simplement un travail matériel d'autofécondation plus important et des conditions d'isolement plus sévères que pour des espèces présentant un pourcentage moins élevé de fécondation croisée.

La sélection pour le rendement présente, au moins dans ses premiers stades avant la mise en essais comparatifs, des difficultés dues à la grande fluctuation de la vigueur des plantes et de leur rendement, même dans les conditions particulières de culture en pépinière que l'on s'efforce de rendre aussi homogènes que possible par un écartement régulier et assez fort (0,50 m $\times$ 0,20 m) et l'élimination des plantes de bordure.

Cette fluctuation rend difficile une appréciation exacte de la valeur des plantes individuelles ou même des lignées. Il est pourtant nécessaire de faire une sélection efficace dans les premières générations et l'héritabilité du rendement lui-même étant ainsi trop faible ou n'apparaissant pas significative, on ne peut se baser sur lui pour opérer la sélection. Il a donc fallu rechercher des caractères en liaison avec le rendement et moins variables que celui-ci sous l'influence des conditions du milieu. La première étape de la recherche d'un critère de sélection efficace est l'étude de corrélations entre le rendement et différents caractères mesurés sur les plantes. L'analyse exposée par Rives (1957) du rendement du colza en ses différentes composantes basée sur des corrélations calculées pour une collection et des lignées d'origine diverse (populations, hybrides) montre l'importance relative de la variation due au milieu et de la variabilité génétique pour les caractères considérés et l'intérêt de certains d'entre eux pour la sélection. Les résultats que nous exposons dans ce mémoire constituent en partie la poursuite de ces études sur différents matériels en cours de sélection. Bien que nous amenant à des conclusions parfois un peu différentes, ils confirment dans l'ensemble la possibilité d'une sélection s'appuyant sur une unité de production moins variable que la plante c'est-à-dire la silique.

I. — RECHERCHE D'UN CRITÈRE DE SÉLECTION POUR LE RENDEMENT

Corrélations entre le rendement et différents caractères.

Résultats obtenus par divers auteurs.

Les résultats obtenus par les différents auteurs qui ont étudié les corrélations entre le rendement du colza et divers caractères sont dans l'ensemble assez concordants (tableau I). Cependant, pour certains caractères, les coefficients de corrélation peuvent être soit très significatifs, soit non significatifs.

Tableau I. — *Corrélations entre le rendement et quelques caractères.*

Caractères	Cités par Baur (1939)	Stolle (1954)	Schrimpf (1954)	Manner (1957)	Rives (1957)
Hauteur des plantes	+ et o		o	+	o et +
Nombre de ramifications	+		o et +		o et +
Nombre de siliques par plante	+	+	+		
Nombre de graines par silique	+	+			+
Poids de 1000 graines	— et o	+	o	o	o

\+ = corrélations positives significatives
— = corrélations négatives significatives
o = pas de corrélation significative

Le rendement de la plante peut théoriquement être considéré comme le produit de trois éléments qui sont le nombre de siliques par plante, le nombre de graines par silique et le poids de la graine. Si les deux premiers caractères apparaissent toujours très nettement en corrélation avec le rendement, seul STOLLE (1954) trouve des coefficients de corrélation significatifs entre le rendement et le poids de 1000 graines. Les autres auteurs ne trouvent aucune corrélation et BAUR (1939) cite même une corrélation négative très significative trouvée par MANDEKIC.

Les résultats différents en ce qui concerne les autres caractères peuvent être attribués à la diversité du matériel étudié. Il peut s'agir soit d'une collection de types très divers de colza où chacun des types peut d'ailleurs se trouver représenté par un plus ou moins grand nombre de lignées, soit d'un groupe de lignées provenant toutes de la même variété ou du même groupe de variétés. Les résultats de RIVES par exemple ont été obtenus sur différents matériels (collection, lignées tirées de populations, plantes F_2 et lignées F_3 d'un croisement) ; STOLLE a étudié les composantes du rendement sur plusieurs populations ; MANNER a calculé ses corrélations sur des descendances de plantes prises dans les variétés commerciales *Lembke*, *Matador* et *Regal*, les deux dernières ayant d'ailleurs été sélectionnées à partir de la première. La variabilité génétique plus ou moins large du matériel sera plus ou moins masquée par la variation due au milieu. Celle-ci pourra être plus ou moins éliminée par les conditions dans lesquelles ont été cultivées les plantes étudiées : plantes en conditions de pépinière à écartement régulier et assez fort ou en conditions de culture normale à un espacement faible et généralement irrégulier, avec ou sans répétitions. Les calculs des coefficients de corrélation peuvent être faits à partir de mesures effectuées sur des plantes individuelles, de moyennes pour les plantes d'une lignée, ou de moyennes pour des prélèvements dans des parcelles d'essais comparatifs.

Un dispositif ne permettant pas de contrôler dans une certaine mesure la variation due au milieu peut fausser de façon importante les résultats que l'on en tire en diminuant le plus souvent les coefficients de corrélation et parfois en faisant apparaître des corrélations purement phénotypiques.

Variation due au milieu et corrélations.

Il est parfois possible de contrôler l'influence de certaines conditions extérieures du milieu sur la variation observée. RIVES (1957) l'a montré à propos d'un gradient de fertilité dans le terrain où était cultivée la F_2 d'un croisement *Alsace* × *Hambourg*, et qui affectait suffisamment le rendement et certains caractères des plantes pour que les régressions de ceux-ci sur l'emplacement de la ligne où se trouvaient les plantes soient significatives malgré la variabilité importante du matériel considéré.

Il était ainsi possible de corriger à l'aide de ces régressions les chiffres observés pour éliminer l'effet de cette cause de variation que l'on avait dans ce cas la chance de pouvoir déterminer. Il est malheureusement assez rare que l'on puisse ainsi contrôler avec précision l'intervention d'une cause fortuite de variation. Cependant l'influence des pieds manquants dans les lignes de pépinière peut aussi être nettement mise en évidence.

Dans nos pépinières, les graines sont semées en poquets espacés de 0,20 m. sur des lignes distantes de 0,50 m. Après l'hiver une seule plante par poquet est conservée. Il reste ainsi 12 plantes par ligne, les deux plantes de bordure étant éliminées à la récolte. Mais pour diverses raisons, mauvaise levée, altises, froid, accidents au binage, il arrive qu'il manque une ou plusieurs plantes dans certaines lignes. Malgré la surface importante dont dispose normalement chaque plante, l'absence de pieds se traduit par une nette augmentation de la vigueur et du rendement des pieds voisins et par un rendement moyen par plante supérieur pour la lignée. Les calculs faits sur différents groupes de lignées montrent ainsi une corrélation négative entre rendement moyen des plantes (R) et le nombre des plantes sur la ligne (n). Quand on considère des groupes de lignées homogènes, la régression R/n apparait plus nettement car elle est moins masquée par les différences génétiques entre lignées.

Par exemple, pour deux familles (groupes de lignées issues des mêmes plantes F_3) d'un croisement *Lembke* × *Hambourg*, 47-3 (6) (3) et 47-3 (12) (1) représentées respectivement par 37 et 38 lignées les coefficients de corrélation entre rendement moyen et nombre de plantes sont significatifs (r = — 0,370 et r = — 0,407). Les régressions sont très voisines pour les deux groupes de lignée :

pour 47-3 (6) (3) $R = 19{,}92 - 1{,}95\ (n - 9{,}30)$
pour 47-3 (12) (1) $R = 19{,}76 - 1{,}83\ (n - 8{,}84)$

Les produits R × n calculé pour les différentes valeurs de n montrent que le rendement total de la ligne est à peu près constant au moins quand le nombre de plantes n'est pas trop différent de 10 (tableau II).

TABLEAU II

Rendement moyen et nombre de plantes sur la ligne (47-3 en 1956)

n	47 — 3 (6) (3)		47 — 3 (12) (1)	
	R	R × n	R	R × n
10	17,54	175,4	18,55	185,5
9	19,37	174,3	20,50	184,5
8	21,20	169,6	22,45	179,6

Ces résultats constituent en quelque sorte le prolongement, pour des valeurs plus faibles, des essais de densité de semis exposés plus loin et qui montrent que pour des faibles densités le rendement à l'unité de surface varie peu en fonction du nombre de plantes.

Pour une étude des composantes du rendement, il est indispensable de corriger les rendements observés pour les ramener à un nombre de plantes constant, soit en utilisant les équations de régression, soit plus simplement quand il manque peu de plantes dans les lignes en calculant le rendement moyen en tenant compte du nombre théorique de plantes c'est-à-dire dix. En effet, l'augmentation de la variance des rendements moyens, due en partie au peuplement, diminue les coefficients de corrélation entre le rendement et certains caractères qui ne varient pas ou varient beaucoup moins en fonction de ce facteur du milieu. D'autre part, les calculs faits sur les résultats bruts risquent de faire apparaître des corrélations purement phénotypiques dans le cas où l'on s'intéresse à un caractère qui varie lui aussi avec le peuplement et dans le même sens que le rendement.

Par exemple, pour un groupe de 23 lignées tirées de la variété *Hambourg* , l'analyse de la variance indiquée dans le tableau III, montre qu'il existe des régressions négatives significatives du rendement et du poids de 1000 graines sur le nombre de plantes qui ne semble pas intervenir sur le nombre de graines par silique et sur le nombre de ramifications.

TABLEAU III

Régressions sur le nombre de plantes par ligne du rendement et quelques caractères (lignées de Hambourg).

	Degrés de liberté	Rendement	Nombre de graines par silique	Poids de 1000 graines	Nombre de ramifications
S. C. totale	22	854,96	51,48	1,1766	90,92
S. C. Régression	1	326,30	5,90	0,4527	7,62
S. C. Résiduelle	21	528,66	46,58	0,7509	83,30
Variance résiduelle		25,17	2,22	0,0358	3,97
t^2		12,96 (1)	2,66	11,89 (1)	1,92
b		— 2,93		— 0,106	

(1) Significatif au seuil de probabilité 0,01.

Les calculs faits sur les valeurs observées montrent une corrélation significative entre rendement et poids de 1 000 graines ($r = 0{,}613$; $r_{0,01} = 0{,}547$) ce qui laisserait supposer une variabilité importante de ce caractère dans la population de lignées considérée et une possibilité de sélection efficace pour une amélioration du rendement. Mais, si dans une régression multiple on fait intervenir le nombre de plantes sur

la ligne avant le poids de 1 000 graines, on constate que seul le nombre de plantes explique une part significative de la variation des rendements observés et que l'intervention du poids de 1 000 graines n'est plus significative (tableau IV).

TABLEAU IV

Régression du rendement sur le nombre de plantes par ligne (n) et sur le poids de 1 000 graines (P). Lignées de Hambourg.

	Total	Régression sur P	Régression sur n	Régression sur n P
Degrés de liberté régression	—	1	1	2
" " " résiduels	22	21	21	20
Somme des carrés résiduelle	854,96	523,11	528,66	456,08
Variance résiduelle	—	25,39	25,17	22,80
Somme des carrés régression	—	321,85	326,30	398,88
Variance régression	—	321,85	326,30	199,44
Somme des carrés 2° variable	—	—	—	72,58
F	—		—	8,75 (S. 0,01)
t^2	—	21,67 (S. 0,01)	12,96 (S. 0,01)	3,18 (N. S.)

Un autre exemple est fourni par une famille, paraissant très homogène, issue de la population *Alsace* et représentée en 1957 dans la pépinière par 25 lignées en I_6 descendant de la même plante I_3 (*Alsace* 2-4-5). Les analyses de variance (tableau V) montrent que seuls le rendement et le nombre de ramifications sont affectés significativement par le peuplement.

TABLEAU V

Influence du nombre de plantes par ligne sur le rendement moyen et certains caractères (Alsace 2-4-5).

	Degrés de liberté	Rendement	Hauteur	Nombre de graines silique	Poids de 1000 graines	Nombre de ramifications
Somme des carrés totale	24	1174,16	1400,64	48,56	39,84	31,14
S. C. due à la régression sur n	1	201,07	0,97	0,34	0,52	8,80
S. C. résiduelle	23	973,09	1399,67	48,22	39,32	22,34
Variance résiduelle		42,31	60,85	2,10	1,71	0,97
t^2		4,75	< 1	< 1	< 1	9,07
b		— 2,81				— 0,588

$t^2_{0,05} = 4,28$ $t^2_{0,01} = 7,88$

Le coefficient de corrélation entre le rendement et le nombre de ramifications calculé sur les valeurs observées pour ces caractères est très significatif ($r = 0,850$, $r_{0,01} = 0,507$). Que devient la part de la

variation des rendements due à la variation du nombre de ramifications quand, dans une régression multiple, on fait intervenir en premier lieu le nombre de plantes par ligne ? La régression du rendement sur le nombre de ramifications reste très significative même quand cette variable est introduite en dernier comme l'indique l'analyse de la variance représentée dans le tableau VI.

TABLEAU VI

Régression du rendement sur le nombre de plantes et sur le nombre de ramifications par plante (Ra) Alsace 2-4-5.

	Total	Régression sur Ra	Régression sur n	Régression sur n Ra
Degrés de liberté régression	—	1	1	2
Degrés de liberté résiduels	24	23	23	22
S. C. résiduelle	1174,16	317,78	973,09	315,33
Variance résiduelle		13,82	42,31	14,33
S. C. due à la régression		856,38	201,07	858,83
Variance régression		856,38	201,07	429,41
S. C. 2e variable			—	657,76
F			—	29,96 (1)
t^2		61,97 (1)	4,75 (2)	45,90 (1)

(1) Significatif au seuil de probabilité 0,01
(2) Significatif au seuil de probabilité 0,05

Il semble donc exister une variabilité pour le caractère nombre de ramifications par plante dans les lignées considérées. Ces lignées appartenaient à 9 familles I_5 qui se trouvaient par ailleurs dans un essai comparatif et il n'y a pas de corrélation significative entre le rendement en essai comparatif et le nombre de ramifications moyen mesuré sur les lignées en pépinière ($r = 0{,}320$; $r_{0,05} = 0{,}582$). Nous sommes donc ici en présence soit de différences génétiques entre lignées concernant simplement une aptitude plus ou moins grande à se ramifier dans des conditions de fort écartement, soit plus vraisemblablement, étant donné l'homogénéité de cette famille dans les générations précédentes, d'une action d'autres facteurs du milieu, la fertilité du terrain par exemple. Ce facteur que nous ne pouvons contrôler à cause de l'absence de répétitions entraînerait une variation parallèle du rendement et du nombre de ramifications, celle-ci conditionnant celle-là.

L'interprétation de coefficients de corrélation significatifs obtenus dans de telles conditions doit donc être très prudente. Il faut essayer de faire la part de l'intervention d'une variation des conditions du milieu et d'éliminer celle-ci dans la mesure du possible pour éviter de conclure à une variabilité génétique d'un caractère en liaison avec le rendement et à une possibilité de sélection alors qu'on peut se trouver en présence de corrélations purement phénotypiques artificiellement réalisées par des

conditions extérieures variables dont on ne peut pas toujours estimer l'influence. L'intervention du milieu peut d'ailleurs avoir des résultats différents sur les divers caractères suivant le matériel considéré. C'est ainsi que pour les lignées de *Hambourg* qui constituent le premier exemple, naturellement assez ramifiées et pour lesquelles l'espacement normal permet sans doute une manifestation complète du caractère nombre de ramifications, une augmentation de l'écartement moyen entre plantes se traduit par une augmentation de poids de 1 000 graines. Pour les lignées d'*Alsace* 2-4-5, au contraire une compensation de l'absence de pieds par l'augmentation du nombre de ramifications est encore possible, les caractères de la silique et de la graine n'étant pas affectés.

Dans l'étude de l'intérêt du poids de graines par silique comme critère de sélection, exposée dans le chapitre suivant, le rendement et les caractères étudiés ont été ajustés à un nombre constant de plantes par ligne chaque fois que l'absence de plantes dans certaines lignes intervenait de façon significative sur les valeurs observées. D'autre part, la vérification que les coefficients de corrélation significatifs correspondaient vraiment à une variabilité génétique d'un caractère lié au rendement à été faite par le calcul de corrélations plantes mères-descendances et de corrélations entre les caractères mesurés sur les plantes cultivées en conditions de pépinière et les rendements observés en essais comparatifs.

Intérêt du poids de graines par silique comme critère de sélection.

La silique considérée comme unité de production.

Les résultats des différentes études de corrélations montrent que l'ont peut concevoir une amélioration du rendement soit par une augmentation du nombre de siliques, soit par une amélioration de la productivité de la silique. Nicolaisen (1943) pense qu'il est préférable de rechercher une valeur moyenne de ces deux éléments, une augmentation du rendement des siliques entraînant une diminution proportionnellement plus forte de leur nombre.

Le nombre de siliques par plante est un caractère extrêmement fluctuant et le principal responsable de la fluctuation des rendements individuels. La sélection dans les premières générations pour ce caractère dans les conditions particulières d'écartement régulier et assez fort réalisées justement pour diminuer sa fluctuation n'a pas beaucoup de valeur, les lignées sélectionnées devant ensuite être cultivées dans des conditions normales d'espacement où c'est le nombre de siliques à l'unité de surface qui intervient. De plus, la détermination du nombre de siliques demanderait un travail matériel considérable. On est donc amené à

considérer la silique comme unité de production pour la sélection, d'autant plus que des corrélations très nettes entre rendement et nombre de graines par silique ont généralement été obtenues. Mais si on s'attache ainsi à améliorer la productivité de la silique il faut s'intéresser au poids de graines par silique et non seulement au nombre de graines. Certes, il existe généralement des corrélations négatives entre le nombre de graines et le poids de 1 000 graines (BAUR, 1943 ; STOLLE, 1954 ; SCHRIMPF 1954 ; RIVES 1957) mais l'objectif du travail de sélection devra être de réunir autant que possible les caractères grosseur et nombre de graines, d'autant plus qu'il ne semble pas y avoir statistiquement de relation inverse entre la teneur en huile et le poids de la graine ; notre lignée ayant les plus grosses graines (poids de 1 000 graines supérieur à 8 grammes) est cependant une des moins riches en huile.

Nous avons étudié l'intérêt comme critère de sélection du poids de graines par silique. Ce caractère a été calculé pour chaque plante par le produit du nombre de graines par silique et du poids de 1 000 graines déterminés indépendamment, le premier sur un échantillon de 10 siliques prises au hasard, le deuxième sur un échantillon de l'ensemble des graines récoltées sur la plante. Le poids de 1 000 graines variant assez peu est déterminé de façon assez précise, des échantillons différents de la même plante montrant généralement des différences de l'ordre de 0,1 g. L'erreur dans l'estimation du poids de graines par silique n'est donc pas relativement beaucoup plus grande que celle du nombre de graines.

Corrélations entre rendement et poids de graines par silique.

CORRÉLATIONS DANS UNE GÉNÉRATIONS.

Sur les différents éléments du matériel en cours de sélection, les corrélations entre le rendement et le poids de graines par silique ont été calculées. Malgré la diversité du matériel considéré, lignées tirées de populations, descendances de divers croisements à des générations plus ou moins avancées, les coefficients de corrélation sont significatifs pour chacun des éléments étudiés au moins quand il n'y a pas encore eu de sélection pour le poids de graines par silique, ce qui était le cas du matériel récolté en 1956 (tableau VII) qui comprenait :

TABLEAU VII

Corrélations entre rendement et poids de graines par silique.

Matériel	r	$r_{0,05}$	$r_{0,01}$
Lignées 47-3 (6) (3)	0,652	0,497	0,623
Lignées d'*Alsace* et *Valois*	0,683	0,632	0,765
Lignées F_3 *Alsace* × *Hambourg*	0,406	0,375	0,479

— des lignées F_9 de l'hybride *Lembke* × *Hambourg* : 47-3 famille (6) (3) ;

— des lignées F_3 d'un croisement *Alsace* × *Hambourg* ;

— des lignées I_4 à I_6 tirées des variétés *Alsace et Valois* ;

— des plantes F_2 d'un croisement *Lembke* × *Orléans*.

La variabilité la plus grande se trouvait dans la F_2 *Lembke* × *Orléans* qui comprenait 1 569 plantes. Ce croisement avait été réalisé à l'origine dans le but d'augmenter le nombre de graines par silique, la lignée de *Lembke* utilisée comme parent ayant des siliques assez longues et la lignée de la population de pays *Orléans* ayant de nombreuses graines dans des siliques assez courtes donc un grand nombre de graines par unité de longueur de la silique. Ce caractère de densité des graines dans les siliques est en réalité assez artificiel et se trouve en relation avec le rendement dans la mesure où il est lié au nombre de graines. L'intérêt de ce croisement est donc plutôt de réunir le nombre de graines *d'Orléans* au poids de 1 000 graines de *Lembke,* ce qui est mis en évidence par la régression significative du rendement des plantes F_2 sur le poids de graines par silique et sur chacune des composantes de celui-ci, nombre de graines par silique et poids de 1 000 graines, la variation de ce dernier intervenant de façon plus importante dans la variation du rendement.

TABLEAU VIII

Régression du rendement des plantes F_2 Lembke × Orléans *sur le poids de graines par silique, le nombre de graines et le poids de* 1 000 *graines. Analyses de variance.*

	Degrés de liberté	Nombre de graines par silique	Poids de 1 000 graines	Poids de graines par silique (en mg)
Total	1568	1 016 979	1 016 979	1 016 979
Régression	1	9 372	115 288	113 873
Reste	1567	1 007 607	901 691	903 106
Variance résiduelle		643	575	576
t^2		14,6 (1)	200,3 (1)	197,7 (1)
b		0,71	14,57	0,502

(1) Significatif au seuil de probabilité 0,01.

Le coefficient de régression (b = 0,502) indique donc que le rendement des plantes F_2 augmente en moyenne de un gramme pour une augmentation de 2 mg du poids de graines par silique (pour ce caractère m = 105,2 mg s = 17). La sélection a été faite dans cette F_2 en ne retenant que des plantes qui avaient un poids de graines par silique supérieur à 120 mg. La variabilité ainsi réduite de ce caractère dans les générations suivantes ne permettait plus de le trouver en corrélation avec le rende-

ment. Mais les essais sur les lignées F_4 et F_5 ont montré l'efficacité de la sélection en F_2. En 1957 sur 14 lignées F_4 mises en essai, 13 sont supérieures à la variété témoin *Alsace*, dont 10 significativement et en 1958 sur 22 lignées F_5, 19 sont supérieures dont 15 significativement.

Corrélations plante mère-descendance.

Sur les différentes générations du croisement *Alsace* × *Hambourg* n'ayant pas subi de sélection pour le poids de graines par silique les coefficients de corrélation suivants ont été calculés :

— Rendement moyen des lignées — Poids de graines par silique moyen.

— Rendements plante mère-descendance.

— Poids de graines par silique plante mère-descendance.

— Poids de graines par silique plante mère-Rendement moyen de la descendance.

Le tableau IX indique les résultats obtenus.

Tableau IX

Corrélations entre rendements et poids de graines par silique
Croisement Alsace × Hambourg.
(R = rendement S = poids de graines par silique).

Corrélations	r
R F_3 – S F_3	0,406 (1)
R F_4 – S F_4	0,277 (2)
S F_3 – S F_2	0,394 (1)
S F_4 – S F_3	0,391 (2)
R F_3 – R F_2	0,352 (1)
R F_4 – R F_3	0,231 (2)
R F_3 – S F_2	0,407 (1)
R F_4 – S F_3	0,281 (2)

(1) $r_{0,05} = 0,375$ $r_{0,01} = 0,479$
(2) $r_{0,05} = 0,250$ $r_{0,01} = 0,325$

Pour chaque génération, il existe donc bien une corrélation significative entre rendement et poids de graines par silique, et l'héritabilité de ce caractère est plus forte que celle du rendement pour lequel les coefficients de corrélation plante mère-descendance ne sont pas significatifs bien qu'assez voisins des valeurs correspondant à la probabilité 0,05. Mais il est surtout intéressant de constater les corrélations très significatives entre le poids de graines par silique d'une plante et le rendement moyen de sa descendance. Ainsi une sélection basée sur le ren-

dement de la silique sera plus efficace que basée sur celui de la plante. Les composantes du poids de graines par silique peuvent avoir suivant le matériel considéré une variabilité relative plus ou moins forte, mais cette variabilité que ce soit celle du nombre de graines ou que ce soit celle du poids de 1 000 graines, se retrouve dans celle du rendement par silique qui est en définitive l'unité de production la plus importante, présentant une fluctuation suffisamment faible sous l'influence des conditions extérieures. Les corrélations que nous venons de citer ne peuvent être faussées dans un sens ou dans l'autre par les facteurs du milieu car elles sont calculées entre générations cultivées dans des conditions différentes. Cependant il convient de voir si elles restent valables pour des plantes cultivées dans des conditions normales et non plus en pépinière.

Rendements en essais comparatifs. Nombre de siliques.

Un certain nombre de lignées appartenant à la famille 47-3 (6) (3) (16 lignées) et obtenues à partir de la population *Alsace* (9 lignées) se trouvaient en 1956 en pépinière et dans différents essais comparatifs. Les coefficients de corrélation entre les rendements *en essais* exprimés par rapport au témoin commun (*Alsace*) et les poids de graines par silique moyens des lignées correspondantes *en pépinière* sont hautement significatifs pour l'ensemble et pour chacun des groupes 47-3 (6) (3) et lignées d'*Alsace* (tableau X).

Tableau X

Corrélations entre rendements en essais comparatifs et poids de graines par silique en pépinère.

	r	$r_{0,01}$
16 lignées 47–3 (6) (3)	0,622	0,623
9 « Alsace	0,910	0,798
25 « 47–3 + Alsace	0,698	0,507

Les deux groupes de lignées de 1956 considérés sont assez différents puisque pour le groupe *Alsace* la moyenne du poids de graines par silique est de 112,5 mg, et pour le groupe 47-3 de 79 mg, les lignées les plus intéressantes, c'est-à-dire supérieures au témoin ayant une valeur de ce caractère supérieure à 120 mg pour le premier et à 85 mg pour le second, une de ces lignées de 47-3 (6) (3) ayant d'ailleurs été multipliée comme variété nouvelle sous le nom de *Sarepta*.

Avec des poids de graines par silique si différents, ces deux groupes ont pourtant des rendements à peu près comparables : dans l'ensemble les lignées d'*Alsace* ont un rendement supérieur (98,6 p. 100 du témoin) aux lignées « 47-3 » (94 p. 100 en moyenne du témoin) mais les lignées les meilleures des deux groupes ont des rendements voisins et les rende-

ments moyens en pépinière sont identiques (32 g par plante). Ceci s'explique par des nombres différents de siliques par plante ou à l'unité de surface si on considère les essais.

Les différences entre lignées, du nombre de siliques, matériellement difficiles à mettre en évidence par des comptages de siliques peuvent être appréciées indirectement par les différences du rapport rendement/poids de graines par silique, les lignées possédant un même nombre de siliques étant représentées par des points sur la même droite passant par l'origine dans les graphiques qui représentent la variation du rendement en fonction du poids par silique. Ainsi pour des groupes différents de lignées les différences entre les régressions du rendement sur le poids de la silique calculées pour chacun des groupes correspondent à des différences dans le nombre de siliques. Celui-ci quand il est très variable peut masquer le rôle du poids de graines par silique. Par exemple, pour le croisement « 47-3 » (*Lembke* × *Hambourg*), l'étude des composantes du rendement sur l'ensemble des lignées avait été assez décevante, aucun des caractères étudiés ne se montrant nettement en relation avec le rendement. Mais si on considère séparément les différentes familles en F_5 (d'après des résultats de 1953) chacune venant d'une plante F_3, on trouve pour chaque famille une corrélation significative entre rendement et poids de graines par silique, les équations de régression suivantes étant significativement différentes sauf les deux intermédiaires.

47-3 (6) (3)	$R = 19{,}4 + 0{,}95\ (S - 78{,}0)$
47-3 (11) (1)	$R = 14{,}5 + 0{,}50\ (S - 83{,}7)$
47-3 (2) (2)	$R = 11{,}5 + 0{,}49\ (S - 88{,}5)$
47-3 (12) (1)	$R = 14{,}6 + 0{,}24\ (S - 103{,}7)$

L'éventail formé par ces régressions et traduisant les différences entre familles quant au nombre de siliques par plante, masquait ainsi l'intervention du poids de graines par silique. La sélection dans ce matériel a porté ensuite essentiellement sur le nombre de graines par silique ; elle a abouti à deux séries de lignées productives pour des raisons différentes :

— dans la famille (6) (3) : nombreuses siliques avec un poids de graines par silique moyen (nombreuses graines assez petites) ;

— dans la famille (12) (1) : poids de graines par silique élevé (nombreuses graines assez grosses) mais siliques moins nombreuses.

Le caractère, nombre de siliques, ne doit donc pas être négligé dans les sélection. Mais il semble que l'on doive faire le premier tri d'après le poids de graines par silique dans les premières générations car c'est le caractère le moins fluctuant. Dans le matériel retenu, la sélection sera ensuite basée sur le nombre de siliques, ce qui revient à sélectionner pour le rendement lui-même, que l'on peut alors apprécier en essais comparatifs, des lignées ayant toutes un poids élevé de graines par silique.

Possibilités d'amélioration du rendement.

A côté de l'utilisation du poids de graines par silique comme critère de sélection pour le rendement sur des croisements et des lignées plus ou moins anciens, une application pratique de ces résultats pour une amélioration du rendement a été réalisée par deux séries de croisements effectués en 1957 :

1) Croisements entre la lignée la plus intéressante de l'hybride 47-3, c'est-à-dire la variété *Sarepta*, et les lignées les plus productives du groupe *Alsace* (et *Valois*) pour allier un poids de graines par silique élevé à de nombreuses siliques.

2) croisements à l'intérieur du groupe *Alsace* pour augmenter le poids de graines par silique. En effet dans cet ensemble de lignées, assez différentes du fait de l'hétérogénéité de la population de départ, certaines doivent leur poids élevé de graines par silique au nombre de graines et d'autres au poids de 1 000 graines. Les descendances de cette deuxième série de croisements pourront ensuite être à leur tour croisées avec les types à nombreuses siliques.

Les caractéristiques, en 1956 des lignées utilisées dans ces croisements sont indiquées dans le tableau XI.

TABLEAU XI

Caractéristiques des lignées utilisées dans les croisements de 1957.

Lignées	Nombre de graines par silique	Poids de 1 000 graines	Poids de graines par silique
Valois (4) (5) (10) (3)	14,1	8,0 g	112 mg
Alsace 2 (4) (5) (7) (5)	23,0	5,7	131
Alsace (1) (3) (6) (10)	23,0	6,4	146
Sarepta	19,2	4,9	95

Nous ne considérons ici que la sélection pour le rendement. Il est évident que les facteurs de régularité du rendement ne sont pas moins importants. Les lignées que nous avons choisies comme géniteurs, en plus de leur intérêt pour l'une ou l'autre des composantes du rendement, possèdent toutes en particulier une bonne résistance au froid.

Dans quelle mesure peut-on espérer une amélioration du rendement à partir de tels croisements? Les valeurs plus ou moins élevées des différents caractères suivant les lignées extériorisent en définitive la façon dont se traduit l'aptitude à produire de celles-ci. La valeur observée d'un caractère ne correspond pas seulement à un génotype plus ou moins favorable conditionnant ce caractère. C'est la résultante d'interactions complexes entre les gènes qui déterminent ce caractère, ceux qui inter-

viennent dans les autres caractères quantitatifs, les conditions extérieures du milieu et ce qu'on peut appeler les conditions intérieures du milieu c'est-à-dire la chaîne de réactions physiologiques dont chacune peut obéir à un déterminisme génétique et qui aboutit finalement à la formation d'une certaine quantité de matière sèche et de matière grasse dans les graines. Chacun de ces facteurs constitue un facteur limitant du rendement. Une lignée pourra par exemple posséder des gènes favorables à de nombreuses graines ou à un poids de 1000 graines élevé, mais ces caractères ne se manifesteront pleinement que si la plante reçoit de l'extérieur les éléments nécessaires à la formation de ses graines et si elle possède un génotype favorable aux réactions physiologiques en jeu pour cette formation. D'autre part, il y a une interaction entre les différents caractères due justement à la limite physiologique du rendement et se traduisant par des corrélations négatives entre les différentes composantes du rendement, nombre de graines et poids de 1 000 graines par exemple. Les caractères quantitatifs qui conditionnent le rendement, déterminés génétiquement, interviennent chronologiquement à des moments différents au cours du développement de la plante. Une plante possède au départ un potentiel floral théorique fortement supérieur à ce qu'elle pourra réaliser même dans les meilleures conditions. Le nombre de boutons floraux représente plusieurs fois le nombre de fleurs qui seront formées et une partie seulement de celles-ci donnera finalement des siliques. C'est d'ailleurs ce qui permet à la plante de compenser dans une certaine mesure, quand ils ne sont pas trop importants, les dégats provoqués par des gelées tardives, les destructions de boutons floraux par les insectes (*Méligèthes aeneus*), ou une fertilité réduite due à des conditions climatiques défavorables au moment de la fécondation. Le nombre de siliques est donc en définitive assez indépendant du nombre de boutons floraux déterminé avant lui. Mais il dépend du nombre de ramifications par plante qui est le caractère lié au rendement qui intervient le premier. Interviennent ensuite la fertilité des siliques c'est-à-dire le nombre de graines puis le développement de celles-ci qui se traduit par un poids de 1 000 graines plus ou moins élevé. Si les caractères qui interviennent les premiers peuvent se manifester pleinement quand les conditions de milieu le permettent, les caractères qui interviennent en dernier n'atteindront leur valeur maximum que dans la mesure où les valeurs atteintes par les premiers ne sont pas trop élevées. C'est le cas du poids de 1 000 graines qui joue en quelque sorte un rôle compensateur et traduit par sa valeur élevée dans certaines lignées que celles-ci possèdent les gènes favorables qui le conditionnent et une bonne aptitude physiologique au rendement malgré une valeur assez faible des caractères qui apparaissent avant lui. Mais les lignées ne posséderont pas obligatoirement des gènes favorables à la grosseur des graines pour compenser un

génotype défavorable par ailleurs au nombre de siliques ou au nombre de graines par silique ; d'autre part, un poids de 1 000 graines élevé ne suffit pas toujours à compenser des valeurs trop faibles des autres caractères. Cela explique l'absence de corrélations de la grosseur des graines avec le rendement ou les corrélations négatives trouvées par certains auteurs.

Les croisements effectués entre lignées possédant des valeurs élevées pour les différentes composantes du rendement ne peuvent évidemment pas permettre de réunir dans une variété tous ces caractères avec leur valeur la plus forte. Mais comme on ne peut analyser le rendement en ses composantes physiologiques, le moyen le plus sûr de l'améliorer est quand même d'essayer de réaliser dans une lignée un génotype présentant le plus de gènes favorables à tous les caractères en croisant des lignées présentant des valeurs élevées pour chacun d'entre eux et possédant aussi une bonne aptitude au rendement.

II. — INFLUENCE DU NOMBRE DE PLANTES ESSAIS DE DENSITÉ DE SEMIS

La sélection est basée principalement sur le rendement de la silique et de la plante. Les corrélations significatives entre des caractères mesurés sur des plantes cultivées en pépinière et les rendements en essais comparatifs ont montré que cette sélection était valable. Mais il importait de voir dans quelle mesure une variation du peuplement pouvait faire varier le nombre de siliques à l'unité de surface, ce qui permettrait de compenser une faible productivité de la silique et de la plante par une augmentation de leur nombre. Des essais de densité de semis ont été réalisés ; ils comportaient avec 4 répétitions pour deux variétés, *Hambourg* et *Alsace* en 1957, *Sarepta* et *Hambourg* en 1958, 7 densités de semis correspondant à des nombres de plantes à la levée de 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 plantes au mètre de ligne, les lignes étant écartées de 0,40 m. Les essais ne sont d'ailleurs valables que pour les densités 20 à 100 la première année, 20 à 120 la deuxième, les doses supérieures n'ayant pas été réalisées. Nous exposerons successivement les résultats des deux essais qui, au moins apparemment, sont un peu différents et les conclusions communes que l'on peut en tirer.

Essai 1956-57.

Les comptages effectués le 27 février après un hiver relativement doux montrent qu'il s'est produit une égalisation entre les différentes densités (tableau XII), que l'on peut attribuer aux différences de résistance au froid, la proportion de plantes tuées étant d'autant plus élevée

TABLEAU XII. — *Essai densité de semis 1957 : Comptages après l'hiver (27/2) et avant la récolte (26/6).*

Variété	Densité de semis	Nombre de plantes par mètre le 27/2	Pourcentage (¹) de pl. survivantes le 27/7	Nombre de plantes au mètre le 26/6	Pourcentage (¹) de pl. survivantes le 26/6
Hambourg	20	18,9	99,1	15,6	81,9
	40	29,6	79,5	19,6	52,5
	60	35,8	59,6	22,2	37,0
	80	38,3	48,5	21,8	27,6
	100	38,9	38,9	21,4	21,4
Alsace	20	18,9	100	16,7	88,2
	40	32,7	87,8	25,2	67,8
	60	42,2	70,3	26,6	44,3
	80	50,1	64,2	26,8	36,1
	100	53,6	53,6	29,3	29,3

(¹) Ces pourcentages sont établis par rapport aux nombres effectifs de plantes levées et non pas aux nombres théoriques les différences entre les deux étant d'ailleurs très faibles.

TABLEAU XIII. — *Essai densité de semis 1957 : Nombre de fleurs et nombre de siliques.*

Variété	Densité de semis	Nombre de fleurs par plante	Nombre de siliques par plante	Rapport sil./fleurs	Nombre de Ra. par plante	Nombre siliques S/Ra. pr.	% des siliques s/Ra. pr,	Nombre siliques au mètre	Rendement réel au mètre (en g)	Rendement/ N. siliques
Hambourg	20	341	171	0,50	7,4	43,6	25,5	2641	92,8	0,035
	40	268	120	0,45	6,5	42,9	35,7	2356	98,3	0,042
	60	254	109	0,43	6,4	38,9	35,7	2425	94,1	0,039
	80	179	72	0,40	4,9	31,7	44,0	1564	97,2	0,062
	100	178	71	0,40	4,8	21,8	30,7	1530	90,8	0,059
Alsace	20	370	186	0,50	8,2	43,9	23,6	3112	102,5	0,033
	40	265	107	0,40	6,8	38,7	36,2	2697	129,8	0,048
	60	253	101	0,40	6,9	32,0	31,7	2683	124,8	0,047
	80	164	66	0,40	5.4	31,7	48,0	1776	118,6	0,067
	100	169	56	0,33	5,2	23,3	41,6	1651	102,9	0,062

que le semis est plus dense, ce qui est particulièrement net pour la variété *Hambourg* plus sensible au froid.

Les plantes ont ensuite été comptées le 26 juin, soit une dizaine de jours avant la récolte (tableau XII). On ne trouve alors pratiquement plus de différences entre les densités de semis à partir de la densité 60. Cette égalisation du nombre de plantes par élimination d'un certain nombre d'entre elles, due à la compétition en semis dense semble se faire lors de la reprise de la croissance après l'hiver. On constate alors que les semis denses sont très irréguliers quant à la vigueur des plantes ; les plantes chétives se trouvent éliminées par le développement plus rapide des plantes vigoureuses voisines.

Le nombre de fleurs et le nombre de siliques ont été comptés sur des échantillons de plantes pris dans les différentes densités (40 plantes par densité). Les résultats de ces comptages et les divers éléments calculés à partir de ceux-ci sont indiqués dans le tableau XIII. On constate que malgré l'égalisation du nombre de plantes qui s'est réalisée ensuite, la compétition en début de végétation se traduit par un nombre de fleurs et de siliques par plante d'autant plus faible que le semis était plus dense. Le rapport du nombre de siliques formées sur le nombre de fleurs varie entre 0,4 et 0,5 ce qui correspond aux chiffres cités par SCHRIMPF (1954). Le nombre de ramifications par plante diminue quand la densité de semis augmente et une proportion plus grande des siliques se trouve sur la tige principale. Le nombre de siliques au mètre de ligne (ce qui correspond à une surface de 0,40 m²) est d'autant plus faible que le semis est plus dense. Mais il apparaît nettement que ce nombre de siliques formées est loin de correspondre aux siliques productives qui interviennent dans le rendement. Si on considère en effet les rendements théoriques par silique en divisant les rendements réellement observés par le nombre de siliques, on s'aperçoit qu'ils sont nettement inférieurs aux valeurs réelles (environ 0,080 g pour *Hambourg* et 0,100 pour *Alsace*). Une proportion importante des siliques comptées, correspondant aux plus tardives formées sur les dernières ramifications, auront une fertilité très réduite et les graines qu'elles contiennent seront loin d'être mûres au moment de la récolte. Cette proportion est d'autant plus élevée que le nombre de siliques est plus fort c'est-à-dire pour les densités faibles où les plantes sont plus ramifiées. On peut estimer en gros que les deux tiers des siliques formées sont réellement productives pour les semis denses et la moitié ou même moins pour les semis clairs. Ainsi, la variation du rendement n'est-elle pas exactement parallèle à celle du nombre de siliques comptées. Elle est atténuée par la proportion variable de siliques productives qui fait même que le plus fort rendement ne correspond pas au nombre de siliques théorique le plus élevé.

Essai 1957-58.

Les résultats des comptages effectués après l'hiver (14/4) et avant la récolte (9/7) sont donnés dans le tableau XIV. Il y a eu beaucoup moins de plantes tuées par le froid qu'en 1957 et on ne constate pas d'égalisation du nombre de plantes après l'hiver ; les fortes densités pour la variété *Hambourg* ont quand même eu proportionnellement plus de plantes tuées.

A la récolte, on retrouve pratiquement le même nombre de plantes qu'au premier comptage. L'examen de ces plantes montre cependant à côté des plantes normales, des plantes chétives filiformes, non ramifiées, courtes et presque stériles, en nombre d'autant plus grand que la densité de semis était forte. Si on élimine les plantes portant moins de 10 siliques, on constate que le nombre de plantes normales est à peu près constant à partir de la densité 60. Cette limite de 10 siliques est évidemment assez arbitraire mais correspond à peu près à la limite en dessous de laquelle les plantes ont vraiment un aspect chétif.

TABLEAU XIV

Essai densité de semis 1958.

Variété	Densité de semis	Nombre pl./m. le 14/4	% de pl. survivantes	Nombre de plantes au mètre le 9/7		
				Total	Chétives	Normales
Sarepta	20	20	100	20	0	20
	40	39,1	97,8	39,1	3,1	36
	60	60,0	100	58,7	6,7	52
	80	75,6	94,5	75,6	23,2	52,4
	100	96,4	96,4	96,4	36,0	60,4
	120	103,6	86,3	103,6	50,3	53,3
Hambourg	20	20	100	20	0	20
	40	39,6	99,2	39,6	6,7	32,9
	60	58,2	97,0	54,2	11,5	42,7
	80	58,7	73,3	57,3	20,0	37,3
	100	80,9	80,9	75,1	27,6	47,5
	120	88,4	73,7	80,0	42,7	37,3

Les caractères suivants ont été mesurés sur chaque plante : hauteur, nombre de ramifications, nombre de siliques. Le tableau XV donne les moyennes calculées dans chaque densité sur l'ensemble des plantes, sur les chétives et sur les normales, pour la variété *Sarepta*. Les résultats concernant la variété *Hambourg* sont semblables. La hauteur moyenne, le nombre de ramifications et le nombre de siliques par plante diminuent quand la densité de semis augmente même si on ne considère que les plantes normales et le nombre de siliques sur une surface donnée (1 mètre de ligne soit 0,40 m²) est maximum pour la densité 40. Il décroît ensuite régulièrement, que l'on tienne compte ou non des plantes chétives qui interviennent très peu dans le total (4 p. 100 au maximum). On peut faire les mêmes observations que pour l'essai précédent au sujet du nombre de

Tableau XV

Essai densité de semis 1957-58. Variété Sarepta
Hauteur des plantes, nombre de ramifications, nombre de siliques

Densité de semis	Hauteur moyenne en cm.			Nombre de Ra.			Nombre de siliques par plante			Nombre de siliques par mètre			% de siliques s/ les C.
	C	N	T	C	N	T	C	N	T	C	N	T	
20	—	110,3	110,3	—	5,71	5,71	—	94,7	94,7	—	1894	1894	0
40	69,3	112,5	110,0	0,29	4,83	4,47	2,6	78,0	72,0	8	2808	2816	0,28
60	69,7	110,6	106,0	0	4,02	3,56	4,0	51,4	46,0	27	2673	2700	1,01
80	54,5	107,7	91,4	0	3,84	2,66	2,2	49,0	34,7	51	2570	2621	1,95
100	54,7	103,9	85,5	0,01	3,15	2,98	2,9	38,7	25,4	104	2339	2443	4,26
120	54,7	99,8	78,0	0,06	3,42	2,79	1,9	41,2	22,2	95	2197	2292	4,14

C : moyenne des plantes chétives
N : moyenne des plantes normales
T : moyenne de l'ensemble des plantes

siliques comptées qui correspond au nombre de siliques formées sur les plantes plusieurs jours avant la récolte. Une proportion importante de celles-ci ne pourra pas se développer normalement avant la récolte et contribuer au rendement, principalement celles qui se trouvent sur les plantes chétives plus tardives et sur les dernières ramifications des autres plantes.

Conclusions de ces essais.

Les résultats différents des essais pour les deux années, si on considère le nombre total de plantes, sont dus aux conditions climatiques différentes. L'hiver 1957-58 moins froid a fait moins de dégâts dans les semis denses que celui pourtant relativement doux de 1956-57. Ensuite la reprise de la végétation a été beaucoup moins rapide après l'hiver en 1958, le début du printemps ayant été froid ce qui se traduit par ailleurs par une différence de près d'un mois sur les dates moyennes de début floraison qui ont été respectivement les 27 et 24 avril pour *Sarepta* et *Hambourg* en 1958 et les 27 et 28 mars pour *Alsace et Hambourg* en 1957. Ainsi, il n'y a pas eu pour le deuxième essai, dans les semis denses irréguliers pour la vigueur des plantes, d'élimination des plantes les plus chétives par un développement rapide des plantes vigoureuses. Elles ont réussi à survivre jusqu'à la récolte sans contribuer au rendement final.

Malgré ces résultats apparemment différents, les conclusions que l'on peut tirer de ces deux essais sont les mêmes. On ne peut pratiquement pas augmenter le nombre de siliques à l'unité de surface qui est variable suivant les variétés, par une augmentation de la densité de peuplement qui le fait au contraire diminuer au-delà d'une densité optimum. Il y a en effet une diminution du nombre de siliques par plante quand la densité croît et une limite du nombre de plantes, au moins de plantes productives, à un niveau correspondant à un peuplement relativement faible qui semble le même pour des variétés assez différentes. Sur le plan pratique, bien que les variations de rendements ne soient pas si nettes que celles du nombre de siliques formées, il semble que les rendements les meilleurs soient réalisés autour de la densité 40, ce qui correspond à des quantités de semences de 4 à 5 kg/ha, doses inférieures à ce que beaucoup d'agriculteurs utilisent.

III. — ÉTUDE GÉNÉTIQUE DE DIFFÉRENTS CARACTÈRES CROISEMENTS DIALLÈLES

Méthode d'étude. Matériel.

Les caractères qui interviennent dans le rendement sont des caractères quantitatifs. Leur étude génétique, permettant de décomposer l'action des gènes qui les déterminent en parts dues à l'additivité, à la

dominance et aux interactions entre gènes non alléliques, est intéressante dans la mesure où elle peut donner des renseignements sur les phénomènes d'hétérosis éventuels, sur les meilleurs parents à choisir pour effectuer des croisements et sur les limites des transgressions que l'on peut obtenir à partir de ceux-ci.

L'étude génétique des caractères quantitatifs peut se faire au moyen de croisements diallèles. Une méthode d'étude de ces croisements consiste à analyser les régressions, calculées pour chacun des parents, des valeurs des F_1 sur la valeur du parent variable (GRIFFING 1950). Elle donne des indications sur le niveau moyen de dominance des gènes en jeu dans la série de croisements considérés, mais ne permet pas de déterminer les rôles respectifs joués dans les différences entre F_1 et parents par les effets additifs de gènes et les effets de dominance ou même éventuellement, de superdominance. Une méthode plus séduisante a été proposée par JINKS (1954) et HAYMAN (1954). Elle constitue une extension pour les croisements diallèles de l'analyse des composantes de la variation en terme *D* et *H* exposée par MATHER pour les croisements entre deux lignées.

Nous avons appliqué cette méthode d'analyse à une série de croisements diallèles réalisés en 1953 entre quatre lignées tirées de populations différentes (*Eure II*, *Lembke* 5-6, *Orléans*, *Pays de Caux*). Un essai a été effectué en 1957, contenant avec deux répétitions les quatre lignées parentales et les 12 F_1 entre ces lignées. Ce matériel est donc assez limité mais le but principal de cet essai était d'étudier la méthode d'analyse et la possibilité d'en tirer des conclusions valables.

Nous n'exposerons pas ici la théorie de la méthode qui se trouve expliquée dans les articles de JINKS et de HAYMAN, ce qui serait assez long ou représenterait un résumé trop schématique et insuffisant pour sa compréhension Nous donnerons simplement les résultats obtenus en indiquant les termes statistiques qui ont servi à les obtenir.

Résultats.

Caractères étudiées.

Les caractères suivants ont été étudiés et mesurés sur chaque plante dans l'essai diallèle :

Nombre de graines par silique,
Hauteur des plantes mesurée en centimètres,
Logarithme de la hauteur,
Logarithme de la longueur des siliques,
Logarithme du poids de 1 000 graines.

Sauf pour le nombre de graines par silique, l'échelle logarithmique a paru préférable car, avec les valeurs naturelles, il apparaissait une rela-

tion très nette entre moyennes et variances surtout pour la longueur des siliques et le poids de 1 000 graines. Pour la hauteur des plantes, il n'y avait qu'une simple indication non significative de cette relation et nous l'avons analysée avec les deux échelles de mesure.

Interactions non alléliques.

L'action indépendante des gènes non alléliques est une des conditions nécessaires pour que l'analyse soit possible. L'interaction de gènes non alléliques peut être mise en évidence par l'examen des relations entre la variance, V_r pour un parent, r, des moyennes de ses descendances (F_1 et lui-même) et la covariance W_r, entre ces descendances et le parent non constant. En l'absence d'interactions non alléliques, la différence W_r - V_r doit être constante et indépendante du parent ; elle dépend simplement du niveau moyen de la dominance. Cette constance est vérifiée par une analyse de variance des quantités W_r - Vr calculée pour chaque parent dans chaque répétition de l'essai.

Pour tous les caractères sauf la hauteur des plantes, les analyses de variance montrent que les valeurs W_r - V_r sont homogènes ce qui indiquerait que les interactions de gènes non alléliques jouent un rôle réduit dans ces caractères. Pour la hauteur des plantes, en valeurs naturelles comme en logarithmes, l'hétérogénéité de la différence W_r - V_r peut être attribuée à un seul des croisements (*Eure II* × *Orléans* et son réciproque) où une interaction non allélique contribuerait à l'hétérosis important manifesté par la F_1 pour laquelle la différence F_1 - Parents est nettement supérieure à celle des autres F_1 (*Eure II* : 1,52 m; *Orléans* : 1,64 m ; *Eure II* × *Orléans* 1,79 m). Le remplacement de la valeur réelle de cette F_1 par une valeur ajustée, calculée d'après une formule semblable à celle qui permet de calculer la valeur d'une parcelle manquante dans un essai, rend les quantités W_r- V_r homogènes. Il est évident que les conclusions ultérieures concernant ce caractère ne seront pas valables pour ce croisement particulier.

Les valeurs de W_r - V_r étant ainsi constantes, la régression de W_r sur V_r doit avoir une pente égale à l'unité. Les coefficients de régression, *b*, pour les différents caractères sont indiqués dans le tableau XVI. Ils sont tous très voisins de l'unité dont ils ne diffèrent pas significativement.

Statistiques calculées

Pour l'analyse du croisement diallèle les statistiques suivantes sont calculées :

V_{OLO} : variance des parents.

W_{OLOI} : moyenne pour tous les parents des covariances parents non constants-descendances calculées pour chaque parent, c'est-à-dire moyenne des W_r

V_{ILI} : moyenne pour tous les parents des variances des descendances calculées pour chaque parent, c'est-à-dire moyenne des V_r

V_{OLI} : variance des moyennes des descendances des différents parents.

m_1-m_0 : différence entre valeurs moyennes des n^2 descendances et des n parents.

Ces diverses statistiques peuvent s'exprimer en composantes de la variation semblables à celles employées par MATHER :

$$V_{OLO} = D$$

$$W_{OLOI} = \frac{1}{2} D - \frac{1}{4} F$$

$$V_{ILI} = \frac{1}{4} D - \frac{1}{4} F + \frac{1}{4} H_1$$

$$V_{OLI} = \frac{1}{4} D - \frac{1}{4} F + \frac{1}{4} H_1 - \frac{1}{4} H_2$$

$$m_I\text{-}m_O = \frac{1}{4} h^2$$

Dans ces expressions, les sommes des carrés des effets additifs des gènes interviennent dans D, les sommes des carrés des effets de dominance dans H_1 et H_2 et les sommes des produits de ces deux effets dans F. De plus, la variation due au milieu contribue pour une part à ces variances et covariances. Elle est estimée à partir des différences entre répétitions ou, pour les F_1, des différences entre croisements réciproques quand celles-ci ne sont évidemment pas significatives. Les valeurs obtenues pour les différentes composantes de la variation, à partir des équations précédentes, sont indiquées, pour les divers caractères étudiés, dans le tableau XVI.

TABLEAU XVI

Croisement diallèle. Analyse des différents caractères.

	N	H	log. H	log. L	log. P 1 000
D	1,942	37,5	244	4 898	7 008
F	1,100	— 20,0	— 144	508	228
H_1	1,756	58,8	356	356	532
H_2	1,500	56,0	348	348	304
h	2,100	10,7	27,1	28	11
$\sqrt{H_1/D}$	0,95	1,25	1,21	0,27	0,27
b Wr/Vr	1,102	1,017	0,998	0,944	1,10
$\overline{uv}$: $H_2/4H_1$	0,2136	0,2389	0,2444	0,2434	0,142
K = h^2/H_2	2,94	2,04	2,11	2,25	< 1

Dominance.

Une estimation du degré moyen de dominance est fournie par le rapport $\sqrt{\frac{H_1}{D}}$. Les résultats (tableau XVI) montrent qu'il y a pratiquement dominance complète pour le nombre de graines par silique et dominance incomplète pour le poids de 1.000 graines et la longueur des siliques Pour la hauteur des plantes, il y a au moins dominance complète avec une indication de superdominance.

Distributions des allèles.

Les statistiques H_1 et H_2 représentent les effets de dominance et sont égales quand il y a, aux loci qui manifestent de la dominance, une fréquence égale d'allèles augmentant la valeur du caractère (u) et d'allèles qui la diminuent (v). Le rapport $H_2/4H_1$ est égal à la valeur moyenne du produit uv de ces fréquences. Un seul caractère, le poids de 1 000 graines semble montrer une fréquence très différente des allèles positifs et négatifs.

Nombre de gènes.

Théoriquement, le rapport $\frac{H^2}{h_2}$ donnerait une indication du nombre de gènes ou plutôt de groupes de gènes contrôlant le caractère, distribués indépendamment dans les parents, à condition que tous ces gènes présentent de la dominance dans le même sens et aient des actions sensiblement égales. Les valeurs obtenues pour ce rapport K (tableau XVI) montrent que les nombres ainsi évalués sont largement sous-estimés et que les hypothèses sur lesquelles ces estimations sont basées sont en réalité loin de se trouver réalisées. Il ne faut pas confondre ces groupes de gènes avec les facteurs eflectifs de MATHER (1949) estimés à partir des effets additifs et non des effets de dominance. Cependant les chiffres cités par MATHER sont eux aussi et pour les mêmes raisons, très faibles et comparables aux nôtres.

Limites de la sélection.

Sur la droite de régression de W_r sur V_r qui a une pente égale à l'unité en cas d'absence d'interactions non alléliques, les points correspondant aux différents parents se trouvent à des endroits qui dépendent de la proportion de gènes dominants et récessifs que contiennent ceux-ci. En effet, plus un parent contient de gènes dominants, plus la variance de sa descendance est faible ainsi que la covariance descendance-parent non constant qui peut même devenir négative en cas de superdominance.

D'autre part, des expressions des statistiques W_r, V_r, V_{OLO}, on peut déduire l'inégalité $W_r^2 \leqslant V_{OLO} V_r$. Les parents théoriques qui seraient homozygotes pour tous les gènes récessifs et pour tous les gènes dominants

en jeu dans la série de croisements correspondent aux valeurs limites de W_r^- et V_r c'est-à-dire aux intersections de la régression W_r/V_r et de la parabole $W_r^2 = V_{OLO}\ V_r$. Ces parents théoriques extrêmes constituent aussi les limites de la sélection pour tous les gènes montrant de la dominance en jeu dans le système diallèle. La direction moyenne de la dominance est donnée par le signe de h qui, pour les caractères étudiés, est toujours positif et une mesure de l'association des gènes dominants est fournie par la corrélation entre la valeur parentale y_r et l'ordre parental de dominance caractérisé par $W_r + V_r$. La valeur parentale est en relation avec le nombre de gènes homozygotes favorables au caractère dans le parent et la quantité $W_r + V_r$ avec le nombre d'homozygotes récessifs. Le signe du coefficient de corrélation entre $W_r + V_r$ et y_r indique donc le signe de la plupart des gènes dominants.

Quand la régression de y_r sur $W_r + V_r$ est significative, ce qui est le cas dans notre exemple pour les caractères étudiés, la substitution dans l'équation de régression des valeurs de $W_r + V_r$ calculées précédemment pour les parents théoriques extrêmes donne les valeurs de ces parents et ainsi les limites des transgressions à espérer à partir des croisements. Dans le tableau XVII, les valeurs trouvées pour ces limites sont indiquées pour les différents caractères avec les valeurs des quatre parents utilisés.

TABLEAU XVII

Croisements diallèles Valeurs parentales et parents théoriques extrêmes.

Y_R = parent théorique récessif pour tous les gênes.
Y_D = parent théorique dominant pour tous les gènes.

	N	H	log. H	log. L	log. P 1000
Y_R.........	20,25	154 cm	2,1863 = log. 154 cm	1,5993 = log. 39,8 mm	0,4940 = log. 3,11 g
Eure II.....	21,10	152	2,1818 = — 152	1,7034 = — 50,5	0,5673 = — 3,69
Lembke 5-6 .	23,60	166	2,2201 = — 166	1,8024 = — 63,5	0,7048 = — 5,06
Orléans.....	24,30	164	2,2153 = — 164	1,6747 = — 47,3	0,5194 = — 3,31
Pays de Caux	21,40	161	2,2049 = — 160	1,8145 = — 65,2	0,6573 = — 4,54
Y_D.........	23,95	170	2,2396 = — 174	1,8532 = — 71,3	0,7042 = — 5,06

On constate qu'au moins pour certains caractères, nombre de graines et poids de 1 000 graines, les limites supérieures de la sélection correspondent à des lignées parentales, *Orléans* et *Lembke* 5-6 ; cela n'est pas surprenant car ces lignées n'ont en réalité pas été prises au hasard dans les populations mais ont déjà subi un début de sélection ; *Orléans* notamment avait été choisi comme géniteur à cause de ses nombreuses graines. Par contre, pour la longueur des siliques, les valeurs des parents théoriques extrêmes sont assez différentes de celles des parents réels ayant les siliques les plus courtes (*Eure II*) et les plus longues (*Pays de Caux*) bien que ce dernier ait été choisi pour ce caractère. En ce qui concerne la hauteur des plantes

pour laquelle le matériel parental n'avait subi aucune sélection, la lignée *Eure II* doit contenir tous les gènes récessifs mais aucune lignée ne contient tous les dominants.

A partir de ces croisements, on ne peut guère espérer de transgressions favorables pour les caractères qui nous intéressent pour la sélection, le nombre de graines par silique et le poids de 1 000 graines. Le croisement *Lembke* 5-6 × *Orléans* est celui qui est susceptible de donner les meilleurs résultats en associant les caractéristiques des deux parents. Ceci n'est valable que pour le croisement diallèle étudié et il est possible que, pour d'autres matériels, l'existence de transgressions favorables fasse que les lignées ayant les valeurs les plus élevées pour les caractères intéressants ne soient pas les géniteurs les meilleurs.

Conclusion

L'étude des composantes du rendement du colza, par l'analyse statistique des relations de ces divers caractères avec le rendement lui-même, a permis de préciser la possibilité de leur utilisation pratique dans la sélection. Nous avons considéré seulement l'aptitude au rendement en faisant abstraction des facteurs de régularité qui constituent évidemment toujours des objectifs essentiels de la sélection, parce qu'on peut considérer indépendamment ces deux choses qui ne sont pas incompratibles et que l'on devra au contraire s'efforcer de réunir. Les résultats obtenus ont montré que le poids de graines par silique constituait le critère de sélection le plus efficace et surtout le seul susceptible d'être utilisé pratiquement dans les premières générations. La variabilité des autres composantes du rendement, le nombre de siliques par plante notamment, ne permet cependant pas d'utiliser ce caractère pour faire un choix dans un matériel très varié présentant des types de colza très différents. Mais, il est possible de faire, dans ce matériel, des groupes moins hétérogènes (lignées issues d'une même population, descendance d'un croisement) et de faire dans chaque groupe une sélection d'après la productivité de la silique. Les lignées obtenues ainsi dans chacun des groupes seront ultérieurement comparées entre elles au stade des essais comparatifs.

Les essais de densité de semis confirment l'intérêt de cette méthode de sélection en montrant qu'on ne peut pratiquement pas compenser par un peuplement plus dense une faible productivité de la plante. La densité de peuplement optimum est à peu près la même pour des variétés très différentes et un rendement satisfaisant à l'unité de surface ne peut s'obtenir qu'avec des variétés possédant une bonne aptitude au rendement de la plante individuelle. Celle-ci peut être d'ailleurs due à la productivité des siliques ou à leur nombre, mais pour des raisons pratiques, on doit faire intervenir en premier le poids de graines par silique.

L'analyse statistique d'un croisement diallèle dont les conclusions particulières ne sont évidemment valables que pour le matériel assez réduit étudié, montre que l'hétérosis, étant considéré comme la différence entre une F_1 et la moyenne des parents, peut dans tous les cas, sauf peut être la hauteur des plantes, être attribué aux effets additifs de gènes plus ou moins dominants. Il est possible de sélectionner des lignées possédant pratiquement la plupart des gènes intéressants, ce qui est particulièrement net pour le matériel considéré puisque certaines lignées parentales ayant subi un début de sélection constituent déjà les limites de la sélection pour les gènes en jeu dans la série de croisements. Ceci confirme que la méthode de sélection à employer pour le colza doit être celle d'une plante autogame.

Reçu pour publication le 9 février 1960

SUMMARY

Breeding of winter rape based on the study of yield-components.

The statistical analysis of the relations between yield and weight of seeds per pod, and particularly the existence of significant correlations between the weight of seeds per pod of mother-plants and the average yield of their progenies, show the advantage of this character as a criterion of selection. Indeed, by reason of the great variation of the yields of individual plants, the inheritance of yield itself is too low for taking it as a basis for an efficient selection. The number of pods per plant is also an important character, but for practical reasons, it is better to make a selection within the first generations, according to the weight of seeds per pod. The results of comparative trials will permit eventually to choose, in this bred material, the highest yielding lines which will be those having the greatest number of pods.

The seed-rate trials show that it is not possible to set off a low productivity of the plant with an increase of stand. The number of productive plants per unity of surface is limited by competition, to a rather low level which is reached for seed-rates generally lower than those practically used.

The analysis of a diallel cross (its particular conclusions are available only for the small material under study) shows that heterosis can be imputed, for all the considered characters, maybe except for the height of plants, to the additive effects of more or less dominant genes. It is possible to breed lines having most of the interesting genes ; and some parental lines having already undergone a beginning of selection, already form the limits of selection for the genes in question in the series of crosses.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Züchtung des Rapses auf Grund der Analyse der Ertragskomponenten.

Die statistische Analyse der Beziehungen zwischen Ertrag und Samenkörnergewicht pro Schote und ganz besonders das Vorhandensein von signifikanten Korrelationen zwischen Samenkörnergewicht pro Schote der Mutterpflanzen und Durchschnittsertrag ihrer Nachkommenschaft lassen den Nutzen dieses Selektionscriteriums erkennen. Wegen der starken Ertragsschwankungen der einzelnen Pflanzen ist die Erblichkeit des Ertrages selbst nähmlich zu schwach um als Grundlage für eine wirksame Selektion zu dienen. Die Scho-

tenzahl pro Pflanze ist zwar ebenfalls ein wichtiger Charakter, in den ersten Generationen ist es aber praktischer, und deshalb auch vorzuziehen, die Selektion nach dem Samenkörnergewicht pro Schote durchzuführen. Die Ergebnisse von Vergleichsversuchen werden dann erlauben innerhalb des so selektionnierten Materials die ertragreichsten Linien welche ebenfalls die höchste Anzahl Schoten besitzen zu wählen.

Saatdichtenversuche zeigen dass es nicht möglich ist eine geringe Ertragsfähigkeit der Pflanze durch eine Erhöhung der Pflanzendichte auszugleichen. Wegen der Konkurrenz wird nähmlich die Anzahl ertragsfähiger Pflanzen pro Flächeneinheit an einer ziemlich niedrigen Stufe begrenzt und diese Stufe wird gewöhnlich schon bei geringeren als die praktisch gebrauchten Saatdichten erreicht.

Die Analyse einer dialleler Kreuzung derer Schlussfolgerungen natürlich nur für das ziemlich beschränkte und hier bearbeitete Material massgebend sind, zeigt dass für alle berücksichtigten Merkmalen (ausser vielleicht die Pflanzenhöhe) die Heterosis additiven Effekten von mehr oder weniger dominanten Genen zuzuschreiben ist. Es ist möglich Linien zu züchten die eine Mehrzahl interessanter Genen besitzen. Manche Parentallinien die schon einen Selektionsanfang erfahren haben erreichen zwar schon die Züchtungsgrenzen für die in der Kreusungsserie mitspielenden Genen.

Селекция озимаго рапса, основанная на изучении факторов урожайности.

Ж. МОРИС.

РЕЗЮМЕ

Статистическое изучение отношения между урожайностью и веса зерен в стручке и в частности, существование значущей соотносительности между веса зерен в материнском стручке и средней урожайности потомства, означает интерес этого критерия для селекции.

Действительно, большая индивидуальная изменчивость урожая дает слишком слабую урожайную наследетвенность, недостаточную для установления базы эффектной селекции. Количество стручков является также важным характером, но из практических соображений, предпочтительно селекционировать, в первых генерациях, по весу зерен на стручек. Результаты сравнительных опытов позволяют, затем, выбирать в полученном материале наиболее продуктивные линии, имеющие наибольшее количество стручков.

Опыты плотности посева показывают, что нельзя пополнить слабую продуктивность растения увеличением плотности стояния. Количество продуктивных растений на единицу площади ограничивается соревнованием на довольно низком уровне, соответствующем дозе высева, обычно более слабого, чем тот что употребляется в практике.

Анализ одного диалельнаго скрещивания, заключения котораго имеют значение только для изученнаго малочисленнаго материала, показывает что гетерозис может быть отнесен ко всем разсмотренным характерам, исключая, может быть, высоту растений-результат совокупности более или менее доминирующих генов.

Вполне возможно селекционировать линии имеющия большинство интересных генов и некоторые родительские линии, после предварительной селекции, представляют уже границы селекции для генов, учавствующих в серии скрещиваний.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDERSSON (G.) et OLSSON (G.). — Cruciferen-Ölpflanzen. *Handbuch der Pflanzenzüchtung*, **29**, 1-66, 1959.

BAUR (R.). — Raps und Rübsen. *Handbuch der Pflanzenzüchtung*, **6**, 176-242, 1943.

GRIFFING (B.). — Analysis of quantitative gene action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*, **35**, 303-321, 1950.

HAYMAN (B.). — The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, **39**, 789-809, 1954.

JINKS (J.). — The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. I. *Genetics*, **39**, 767-788, 1954.

MANNER (R.). — Studies in winter rape. I. Parent-progeny correlations. *Medd. Gullakers Växteföradl. anst.*, **14**, 46-56, 1957.

MANNER (R.). — Studies in winter rape. II. Correlations between different characters. *Medd. Gullakers Växteföradl, anst.*, **14**, 62-94, 1957.

MANNER (R.). — On plant breeding Methods of Winter Rape. *Z. für Pflanzenz.* **41**, 395-412, 1959.

MATHER (K.). — *Biometrical Genetics*. Methuen and Co., London 1949.

NICOLAISEN (W.). — Züchtung von Raps. *Z. für Pflanzenzücht.*, **25**, 362-379, 1943.

OLSSON (G.). — Undersökning av graden av korsbefruktning hos vitsenap och raps. *Sver. Utsadesför. T.*, **62**, 311-322, 1952.

OLSSON (G.) et PERSSON (B.). — Inkorningsgrad och självsterilitet hos raps *Sver. Utsadesför. T.* **68**, 74-78, 1958.

RIVES (M.). — Études sur la sélection du colza d'hiver. *Ann. Amél. Plantes*, 1, 61-107, 1957.

SYLVEN (N.). — Om själv-och korsbefruktning hos rapsen. *Sver. Utsadesför. T.*, **6**, 225-244, 1920.

SCHRIMPF (D.). — Untersuchungen über den Blüten-und Schotenansatz bei Raps, Rübsen und Senf. *Z. Acker. Pflanzenbau*, **97**, 305-336, 1954.

STOLLE (G.). — Ein Beitrag zur Ertragzüchtung beim Winterraps. *Züchter*, **24**, 202-215, 1954.

WAGNER (M.). — Inzucht und Heterosis bei Raps und Rübsen. *Z. für Pflanzenzücht.*, **33**, 237-266, 1954.

CHRONIQUE DES LIVRES

HILL (A. G. G.). — Grazing control : laws and regulations in various countries for the control of grazing to prevent injury to grasslands. (Réglementation du pâturage : lois et règles appliquées dans différents pays pour limiter les risques de surpâturage et, par là, la détérioration des herbages.) *Mimeo. Publ.* n° 2, 1959. *Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops*, Hurley, Berks., 27 p.

La protection des prairies est une préoccupation importante, pour les pays méditerranéens notamment. Aussi la F. A. O. a-t-elle décidé d'organiser une enquête destinée à préciser dans quelle mesure des règles appliquées dans certains pays membres ont permis de lutter efficacement contre le surpâturage et la destruction de la végétation.

Cette publication présente un résumé des principales mesures prises dans plus de 60 pays, y compris les U. S. A. : mise en défense complète de certaines zones, régulations concernant la durée de maintien des troupeaux sur une surface déterminée, l'intensité de chargement, la nature des animaux tolérés, l'organisation d'une rotation des troupeaux, etc.

Les règles appliquées aux herbages de montagne, en zone alpine, par exemple, sont également analysées.

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 30-6-1960

Dépôt légal: 3e trimestre 1960 *N° d'impression: 960*

DONNÉES SUR L'AMÉLIORATION DE LA FÉVEROLE DE PRINTEMPS. *VICIA FABA L.*

PAR

J. PICARD [1]
Station d'Amélioration des Plantes, Dijon.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Biologie florale et mode de reproduction de la féverole.

A. — Rôle du déclenchement dans la réussite de la fécondation.
1° Déclenchement et fécondation.
2° Déclenchement et génotype.

B. — Calcul du pourcentage d'autofécondation dans les populations naturelles.
1° Méthode de calcul de α.
2° Calcul de la variance de α.
3° Résultats.

C. — Conséquences.
1° Conséquences sur l'évolution des populations.
2° Conséquences sur le choix d'une méthode de sélection.

II. — La sélection de la féverole pour le rendement en grain.

A. — Les facteurs du rendement.
1° Variabilité des facteurs du rendement.
2° Importance et valeur relatives des facteurs du rendement.
3° Aperçu sur l'hérédité des facteurs du rendement.

B. — Fréquence et importance des effets d'inbreeding et d'hétérosis.
1° Inbreeding.
2° Vigueur hybride.

C. — Essai de choix d'une méthode de sélection.

III. — Résumé et conclusion.

(1) Avec l'active collaboration de MM. C. SIGWALT et R. PELLETIER.

Cultivée sur 80 000 ha en France à la fin du XIX[e] siècle la féverole a vu constamment diminuer la surface qui lui était consacrée pour ne plus occuper que 14 000 ha de 1942 à 1946. Cette surface s'accroît de nouveau à partir de 1946 pour atteindre en 1951 les 27 000 ha qu'elle occupait en 1939. La même variation des surfaces s'est produite en Grande-Bretagne (SOPER 1952) et en Suède (AKERBERG, BINGEFORS et PERSSON 1955). Il semble que maintenant on dépasse assez largement 30 000 ha et, en même temps que l'augmentation de surface, il est possible de noter une légère amélioration des rendements. Plante intéressante par sa nature (légumineuse améliorant le sol) et par sa production (grain riche en matières azotées de stockage facile) la féverole a été l'objet d'un certain discrédit pour plusieurs raisons dont les principales sont l'insuffisance et l'irrégularité des rendements.

Les techniques culturales ont un grand rôle à jouer dans l'amélioration de ces rendements, notamment par des dates de semis plus précoces, par de meilleures fumures et une meilleure préparation du sol, par l'utilisation de peuplements plus élevés, par une meilleure lutte contre les pucerons. Il n'en reste pas moins vrai que la sélection conserve de grandes possibilités pour accroître la productivité, la précocité, la résistance aux adversités et par là contribuer à une amélioration du rendement et au renouveau de la culture. Les nécessités d'un travail de sélection amorcé en 1951 nous ont conduit à essayer de mieux définir le comportement de la féverole en tant que matériel à sélectionner.

Tandis que nous poursuivions ce travail de sélection nous avons été amenés à étudier certains points de la biologie florale et du mode de reproduction de l'espèce et à tenter de définir une méthode de sélection.

I. — BIOLOGIE FLORALE ET MODE DE REPRODUCTION DE LA FÉVEROLE

La connaissance du mode de reproduction et de la biologie florale est fondamentale pour l'élaboration d'une méthode de sélection applicable à une espèce végétale. Aussi est-on fortement surpris de ne trouver sur ce point que des renseignements fragmentaires, même dans la littérature de pays où la féverole a fait l'objet d'un travail de sélection.

ALEFELD (1866) et KORNICKE (1873) considèrent que l'allogamie est le mode normal de reproduction de la féverole. FRUWIRTH (1915) signale que la fécondation croisée peut être assurée par des bourdons. Sans chiffrer l'importance du phénomène, il considère que l'espèce *Vicia faba* est plus allogame que d'autres légumineuses à grosses graines comme les pois et les haricots.

Il faut attendre CREBERT pour trouver une estimation de la fréquence de la fécondation croisée, qu'il estime à 4 p. 100 (1931) puis 7 p. 100 (1934) ; il signale en outre que cette fréquence varie avec le climat, dans la mesure où celui-ci exerce une action sur les sorties des insectes, et avec la constitution génétique des plantes. HUA (1943) et SHEN (1944) citent respectivement des chiffres de 32,9 et 24 p. 100, obtenus, comme ceux de CREBERT, par culture contiguë de types différents.

Enfin FYFE et BAILEY (1951) FYFE (1954), ont utilisé une méthode d'estimation basée sur la génétique des populations et obtenu pour la féverole d'hiver, des valeurs allant de 26,1 à 48,5 p. 100.

Il était donc intéressant de chercher à préciser la position de la féverole de printemps entre les limites extrêmes que représentent autogamie et allogamie strictes. C'est pourquoi nous avons essayé, par l'étude du comportement d'un couple de gènes au cours de deux générations successives, d'estimer l'importance de la fécondation croisée dans un certain nombre de populations naturelles.

A. — Rôle du déclenchement dans la réussite de la fécondation.

1° Déclenchement et fécondation.

Plusieurs études réalisées sur des populations commerciales ont montré le rôle du déclenchement de la colonne sexuelle (le « tripping » des auteurs Anglo-Saxons) dans la réussite de l'autofécondation.

REISH (1952) et ROWLANDS (1958) ont constaté que le déclenchement multiplie environ par 6 la proportion de fleurs qui donnent des gousses en autofécondation. Le pourcentage de nouaison demeure cependant à peine supérieur à la moitié de la valeur qui est la sienne en fécondation libre.

Bien que travaillant avec une autre unité qui est le nombre de graines par fleur, Miss DRAYNER (1956) constate également le rôle du déclenchement qui se traduit par une multiplication par 5 de ce nombre quand on passe du non déclenchement au déclenchement.

L'action du déclenchement est donc certaine et dans la nature, la réussite de la fécondation dépend dans une large mesure de la visite des insectes capables d'effectuer ce déclenchement (*Bombus* sp.). Une fleur de féverole visitée par un insecte aura en moyenne des chances de produire des graines, 5 à 6 fois supérieures à celle d'une fleur non visitée.

Il faudrait voir là, selon les observations de ROWLANDS (1958) sur la germination du pollen, la conséquence de la libération du contenu des minuscules papilles stigmatiques sous l'effet du déclenchement.

La réalisation du déclenchement par un bourdon entraîne de façon quasi certaine l'apport de pollen étranger. Cet apport de pollen étranger

n'a pas pour conséquence obligatoire une augmentation du nombre moyen de graines par fleur pollinisée par rapport à une fleur déclenchée sans apport de pollen étranger (Miss DRAYNER, 1956). Mais ROWLANDS (1958) a montré que le style peut faire un certain choix entre pollen étranger et pollen de la plante. Le premier ayant à la fois une meilleure germination et une croissance plus rapide effectuera presque systématiquement la fécondation.

Dans la nature déclenchement et fécondation croisée sont étroitement associés de même que bon grainage et visite des insectes.

2° Déclenchement et génotype.

Cette conclusion est parfaitement valable dans le cas général que représente une population commerciale qui n'a pas, ou très peu, subi l'action de la sélection humaine.

Il apparaît en effet comme l'avait déjà remarqué CREBERT (1934) que le rôle du déclenchement, donc l'importance de la fécondation croisée, peut varier avec le génotype.

Miss DRAYNER (1956) constatait sur son matériel que la consanguinité consécutive à l'autofécondation fait perdre l'aptitude à former des graines sans déclenchement. En fait nos résultats indiquent des différences très marquées de l'efficacité du déclenchement pour un même degré de consanguinité. Cette différence de comportement en fonction du génotype doit se rapprocher de la conclusion de ROWLANDS (1958) selon laquelle existerait chez la féverole, un degré d'auto incompatibilité très variable, en général faible et parfois nul, qui n'exclurait même pas la possibilité d'obtention de lignées autogames.

Nos mesures ont été faites avec une troisième unité, ce qui ne facilite pas la comparaison des résultats mais elles avaient été amorcées avant que nous ayons connaissance des travaux britanniques. Cette unité est

TABLEAU I

Lignée ou Hybride	Efficacité du déclenchement	
	1957	1958
I (1)	1,08	1,35
I (6)	1,23	0,88
II (2)	2,04	4,74
II (4)	3,40	6,08
III (1)	1,36	
III (3)	0,98	
IV (1)	2,89	
IV (4)	2,875	
I (1) × II (2)		1,13
I (1) × III (1)		0,925
I (6) × IV (4)		1,30
II (4) × IV (4)		1,15

le nombre de gousses par nœud florifère dans le cas d'autofécondation avec ou sans déclenchement.

Le tableau I indique l'« efficacité du déclenchement » (rapport du nombre de gousses par nœud florifère dans le cas de déclenchement des fleurs au nombre de gousses par nœud florifère en l'absence de déclenchement) pour des lignées ayant subi le même nombre de générations d'autofécondation (six générations en 1957, sept en 1958) et pour certaines F_1 entre lignées I-6.

Deux constatations ressortent de ce tableau :

a) Bien qu'ayant un même degré de consanguinité les familles étudiées se divisent en deux groupes : celles pour lesquelles le déclenchement apparaît comme indispensable à la réussite de la fécondation (« efficacité » supérieure à 2) ; celles pour lesquelles la fécondation sans déclenchement est satisfaisante (« efficacité » voisine de 1).

Le comportement très voisin des lignées sœurs au cours des deux années indique qu'il s'agit bien là de différences dues au génotype. Dans les conditions naturelles les familles I et III auraient un mode de reproduction beaucoup plus proche de l'autogamie que les familles II et IV. Les premières seraient susceptibles de fournir un grainage satisfaisant en l'absence de bourdons, les secondes seraient beaucoup plus dépendantes de la visite des insectes.

Nous touchons là à la conclusion de ROWLANDS (1958) qui considère comme possible l'obtention de féveroles typiquement autogames.

b) Quelles que soient les caractéristiques des lignées parentales les hybrides paraissent aptes à fournir des graines en l'absence de déclenchement. Leur comportement est susceptible d'être assez proche de l'autogamie. Nous retrouvons là les conclusions de Miss DRAYNER (1956) qui trouvait comme « efficacité du déclenchement » calculée dans ses unités :

Population commerciale, 5,3.

Inbred de 2e génération, 7,9.

Inbred de 4e génération, 35,5.

Hybrides entre Inbred de 3e génération, 1,45.

Une étude est en cours pour mesurer, dans des conditions aussi proches que possible des conditions d'une culture normale, l'importance de l'autogamie pour des plantes F_1. Dans ce but on cultive en mélange des plantes F_1 hétérozygotes pour la couleur du hile et des plantes homozygotes pour le caractère récessif hile clair et de précocité identique. La fréquence des plantes à hile clair dans la descendance de chaque plante F_1 permettra l'estimation de leur pourcentage d'autogamie. La fréquence théorique de ces types est en effet de $\frac{2 - \alpha}{4}$.

Nous examinerons ultérieurement les conséquences qui peuvent découler de ces résultats.

B. — Calcul du pourcentage d'autofécondation dans les populations naturelles.

1° Méthode de calcul de α.

Dans une précédente publication (PICARD 1953) nous avons montré que l'hypothèse de panmixie n'expliquait pas les résultats observés et qu'il fallait admettre l'existence d'une corrélation gamétique (1) due à l'existence d'un certain taux d'autogamie.

Dans une population chez laquelle le pourcentage d'autogamie est α (pourcentage d'allogamie $x = 1\text{-}\alpha$) les fréquences des trois génotypes fournis par un couple d'allèles Gg de fréquences respectives p et q ($p+q = 1$), sont à deux générations successives quelconques :

	génération n	génération $n+1$.
GG............................	F_n	F_{n+1}
Gg............................	h_n	h_{n+1}
gg............................	f_n	f_{n+1}

Les différents génotypes de la génération $n+1$ sont issus de ceux de la génération n de la manière suivante :

Les génotypes GG, de fréquence F_{n+1} viennent de :

la fraction α des GG en autofécondation : αF_n

la fraction $1 - \alpha$ des GG en croisement par du pollen G : $(1 - \alpha)F_n p$.

la fraction α des Gg en autofécondation qui donne 1/4 de GG : $1/4 \alpha h_n$;

la fraction $1\text{-}\alpha$ des Gg en croisement (moitié des gamètes) par du pollen G : $1/2\ (1\text{-}\alpha)h_n$;

Les génotypes Gg, de fréquence h_{n+1} viennent de :

la fraction $1\text{-}\alpha$ des GG en croisement par du pollen g : $(1\text{-}\alpha)\ F_n q$;

la fraction $1\text{-}\alpha$ des gg en croisement par du pollen G : $(1\text{-}\alpha)f_n p$.

la fraction α des Gg en autofécondation qui donne 1/2 de Gg : $1/2\ \alpha h_n$;

la fraction $1\text{-}\alpha$ des Gg en croisement (moitié des gamètes) par du pollen G : $1/2\ (1\text{-}\alpha)h_n p$;

la fraction $1\text{-}\alpha$ des Gg en croisement (moitié des gamètes) par du pollen g : $1/2\ (1\text{-}\alpha)h_n q$.

La fréquence f_{n+1} des génotypes gg découle de celle des génotypes GG en changeant F_n en f_n et p en q.

(1) Dans cette même publication une erreur nous a fait considérer ce coefficient de corrélation gamétique comme égal à la fréquence de l'autogamie. Nous remercions vivement le Dr J. L. FYFE (Plant Breeding Institute, Cambridge) de nous avoir signalé dès ce moment que ces deux coefficients ne sont pas identiques mais liés par la relation $f = \frac{1 - x}{1 + x}$ où f] représente la corrélation entre gamètes et x la fréquence de la fécondation croisée.

Si cette population est en équilibre les fréquences des différents génotypes ne varient pas au cours des générations et :

$$F_n = F_{n+1} = F$$
$$h_n = h_{n+1} = h$$
$$f_n = f_{n+1} = f.$$

Tenant compte des relations $p+q = 1$, $F + f + h = 1$ on obtient les formules suivantes :

$$F = (1 - \alpha)p^2\frac{2}{2 - \alpha} + p\frac{1}{2 - \alpha} = p^2 + pq\frac{\alpha}{2 - \alpha} \qquad (1)$$

$$h = 4pq\frac{1 - \alpha}{2 - \alpha} = pq\left(2 - \frac{2\alpha}{2 - \alpha}\right) \qquad (2)$$

$$f = (1 - \alpha)q^2\frac{2}{2 - \alpha} + q\frac{1}{2 - \alpha} = q^2 + pq\frac{\alpha}{2 - \alpha} \qquad (3)$$

Pour réaliser notre étude nous avons retenu le couple d'allèles qui conditionne la couleur du hile de la graine. Les travaux de KAZNOVSKI (1923) ERITH (1930) SIRKS (1931) HUA (1943) s'accordent pour affirmer que la couleur du hile est un caractère à hérédité monofactorielle. Ces mêmes résultats indiquent qu'il y a plusieurs allèles au locus intéressé, les couleurs du hile les plus foncées étant toujours dominantes par rapport à plus clair qu'elles. Si donc, on considère comme « hile noir » ce qui l'est vraiment et comme « hile clair » tout le reste, de l'ivoire au brun clair, on se trouve dans le cas d'une hérédité monofactorielle.

Nous avons estimé par comptage la fréquence B des graines à hile clair ainsi définies, dans les lots de graines que nous avons reçus. Ces graines à hile clair ont été semées et nous avons observé la fréquence A des plantes issues de ce semis qui portaient des graines à hile clair.

Les plantes à hile noir, de fréquence I-A, observées dans le semis représentent la fraction 1-α des ovules « hile clair » portés, à la génération précédente, par des plantes homozygotes qui ont été soumises à une fécondation croisée par du pollen « hile noir » de fréquence p.

Nous avons donc le tableau suivant où $a + b = n_1$, $c + d = n_2$.

Phénotypes observés	Fréquence	Nombres observés	Nombres attendus	
Dominant dans la population	$1 - B$	a	$\frac{n_1}{2 - \alpha}[2(1 - \alpha)p^2 + \alpha p + 4(1 - \alpha)pq]$	(4)
Récessif dans la population	B	b	$\frac{n_1}{2 - \alpha}[2(1 - \alpha)q^2 + \alpha q]$	(5)
Dominant dans le semis (gr. à hile noir)	$1 - A$	c	$n_2(1 - \alpha)p$	(6)
Récessif dans le semis (gr. à hile clair)	A	d	$n_2[(1 - \alpha)q + \alpha]$	(7)

Le nombre de degrés de liberté (deux puisque nous connaissons deux relations : $a + b = n_1$, $c + d = n_2$) est égal au nombre de paramètres à calculer (α et q). Les estimées fournies par la méthode du maximum de vraisemblance sont donc (BAILEY 1951) celles qu'on obtient en égalant les observations aux nombres attendus pourvu que ces équations aient une solution unique.

En résolvant le système d'équations ci-dessus on obtient :

$$q = \frac{d - \alpha n_2}{n_2(1 - \alpha)} \tag{8}$$

tandis que α est racine d'une équation du second degré qui s'écrit :

$$f(\alpha) = n_2^2 a\alpha^2 - 3n_2(dn_1 - bn_2)\alpha + 2(d^2n_1 - bn_2^2) \tag{9}$$

Le discriminant de l'équation $f(\alpha) = 0$,

$$\Delta = n_2^2[(dn_1 - bn_2)^2 + 8bn_1c^2] = n_2^2[(ad - bc)^2 + 8bn_1c_2$$

est toujours positif puisque somme de carré et l'équation $f(\alpha) = 0$ a toujours deux racines :

$$\alpha = \frac{3(ad - bc) \pm \sqrt{\delta}}{2an_2} \quad (10) \quad \text{où} \quad \delta = \frac{\Delta}{n_2^2}$$

Il est facile cependant de démontrer, par l'étude de la variation de la dérivée $f'(\alpha)$ et en formant $f\left(\frac{c}{n^2}\right)$ que seule la valeur $\alpha = \frac{3\,(ad - bc) - \sqrt{\delta}}{2an_2}$ est une racine acceptable et que, de ce fait, nous nous trouvons dans le cas cité par BAILEY.

2° Calcul de la variance de α.

Dans la publication déjà citée (PICARD 1953) nous avions signalé deux méthodes de calcul de la variance de α. Ces deux méthodes demeurent valables. L'application aux données conduit, après élimination des termes négligeables, à la valeur suivante :

$$\sigma_\alpha^2 = \frac{9cd}{n_2^3} \times \frac{n_1^2}{4a^2} + \frac{b}{4an_1}(\alpha - 3)^2 \tag{12}$$

Dans cette expression, le premier terme est d'ailleurs nettement supérieur au second.

3° Résultats.

Le tableau II contient les valeurs de α et de son écart-type pour les 90 populations étudiées.

Deux constatations se dégagent à la lecture de ce tableau : la grande amplitude de variation de ces valeurs (extrêmes : 0,8998 ± 0,1487 et 0,1454 ± 0,1423) et le faible degré de précision obtenu en général. La formule (12) indique les rôles joués par les différentes observations pour

l'obtention de cette précision. Dans la pratique il faut disposer d'échantillons assez importants pour que n_1 et n_2 atteignent au moins les valeurs respectives de 1000 et 200.

TABLEAU II

Numéro	Origine	Année (1)	α	σ_α	Numéro	Origine	Année (1)	α	σ_α
959	Picardie	1950	0,5986	0,1366	1 206	Afrique du Nord		0,4996	0,1320
960			0,5871	0,0707	4	Hte-Saône	1955	0,5530	0,0757
964			0,6968	0,1644	1 001	S.-et-Oise	1950	0,6774	0,2167
1 029		1951	0,5676	0,1157	1 002			0,4139	0,1792
1 030			0,6246	0,1088	1 003			0,5424	0,1778
1 036			0,6096	0,1678	1 186		1953	0,1454	0,1423
1 037			0,3855	0,1590	991	Côte d'Or (hiver)	1951	0,4617	0,1206
1 038			0,6022	0,0561	1 065			0,6303	0,1259
1 039			0,6934	0,1071	1 069			0,6029	0,1311
1 040			0,7700	0,0749	1 222		1954	0,5046	0,1306
1 041			0,4636	0,0967	1 223			0,6225	0,1974
1 044			0,7787	0,0918	1 224			0,4756	0,2696
1 045			0,6511	0,1017	1 225			0,6908	0,2210
1 046			0,6716	0,0955	1 226			0,7950	0,1929
1 057			0,4873	0,0935	1 227			0,8898	0,1099
1 058			0,7614	0,1053	961	Gers	1950	0,5224	0,1911
1 059			0,3603	0,1845	974	Vendée		0,3301	0,2082
1 060			0,5729	0,2779	975			0,3409	0,2076
1 072			0,3853	0,1590	1 185		1953	0,3840	0,1196
1 111			0,7880	0,1970	949	Allemagne	1950	0,4840	0,0791
1 166		1952	0,3837	0,1307	1 103			0,6042	0,0529
1 168			0,6803	0,0742	1 104		1951	0,6234	0,1082
1 173			0,7509	0,1134	1 169		1952	0,5085	0,0830
1 193		1953	0,8917	0,1354	1 183			0,5052	0,1166
1 201			0,7925	0,0970	1 188		1953	0,4422	0,0939
1 204			0,4859	0,0947	1 191			0,5850	0,1315
1 209			0,6011	0,0672	1 205			0,1561	0,1570
1 229		1954	0,7541	0,1194	1		1954	0,6580	0,0865
1 230			0,3961	0,1712	5		1955	0,6763	0,0669
1 231			0,2454	0,1296	1 216	Pologne	1954	0,6755	0,0764
1 232			0,5577	0,1282	1 218			0,6630	0,0651
1 233			0,6050	0,1370	1 219			0,7194	0,0997
1 259			0,6923	0,0582	1 146	Grande-Bretagne (hiver)	1952	0,7657	0,2672
1 260			0,5549	0,1541	1 147			0,4978	0,3439
1 268			0,5767	0,1367	1 180			0,7077	0,1316
963	Lorraine	1950	0,6144	0,2250	1 181			0,5359	0,1561
1 026		1951	0,2158	0,2227	1 182			0,7644	0,2138
1 028			0,6090	0,1102	1 177	Grande-Bretagne	1952	0,7300	0,1839
1 047			0,3397	0,1596	1 179			0,6226	0,1371
1 113			0,4076	0,1284	1 220		1954	0,8998	0,1487
1 116			0,5707	0,1957	1 066	Suède	1951	0,54835	0,0902
1 149		1952	0,6558	0,2395					
1 174			0,2188	0,0978					
1 175			0,1789	0,1033					
1 207		1953	0,3607	0,1193					
1 234		1954	0,3950	0,2858					
1 235			0,4663	0,24265					
1 027	Afrique du Nord	1951	0,2549	0,1054					
1 142		1952	0 ,6668	0,1284					

(1) Année où a eu lieu la fécondation. Les résultats sont observés l'année suivante.

La comparaison des moyennes annuelles du coefficient α ne peut être effectuée que pour les féveroles de *Picardie,* seule population pour laquelle nous disposons d'un nombre suffisant d'observations. La probabilité

d'apparition des écarts observés entre ces moyennes, écarts compris entre 0,005 et 0,045, est toujours supérieure à 0,50.

Dans une région de surface limitée, les variations annuelles du pourcentage d'autofécondation apparaissent donc comme assez faibles et bien inférieures à celles qui existent entre régions. La faible amplitude de cette variation donne une valeur certaine aux comparaisons des résultats observés dans différentes régions en négligeant l'action des années, et montre qu'il n'est pas illusoire de calculer un coefficient moyen pour une région.

Les valeurs moyennes pondérées de α varient du simple au double suivant les régions ou pays d'origine (0,7454 à 3915). Ces valeurs et la signification des différences entre origines figurent au tableau III.

TABLEAU III

Origine	Type	Nombre d'observations	Moyenne	Signification des différences	Ecart-type
Grande-Bretagne	Printemps	3	0,7454		0,0884
Pologne	—	3	0,6723		0,0456
Grande-Bretagne	Hiver	5	0,6603		0,0836
Côte-d'Or	—	9	0,6405		0,0489
Picardie	Printemps	35	0,6250		0,0173
Allemagne	—	10	0,5616		0,0268
Afrique du Nord	—	3	0,4425		0,0693
Sud-Ouest	—	4	0,3948		0,0835
Lorraine	—	12	0,3915		0,0348
Moyenne générale	—	90	0,5780		0,0115

Il est possible d'en tirer un certain nombre de remarques intéressantes.

C'est là une vérification directe de l'opinion de SIRKS (1931) selon laquelle la cause principale des écarts entre les estimations du vicinisme faites par différents auteurs pouvait être une variation du pourcentage de fécondation croisée suivant les régions ou les pays.

La fécondation croisée est due à l'intervention de certains bourdons (*Bombus* sp.) et parfois de xylocopes. Deux facteurs peuvent intervenir pour modifier le rôle de ces insectes et par là modifier l'importance de l'autofécondation : l'abondance de ces hyménoptères et les conditions climatiques ; temps chaud, absence de pluie, vent faible sont autant de conditions favorables.Tenant compte de ce deuxième facteur il ne peut que paraître normal de constater une diminution de la valeur de α suivant les deux axes Ouest-Est et Nord-Sud.

Deux exceptions apparaissent : les trois féveroles Polonaises et, à un moindre degré les origines Allemandes. Il faudrait connaître les conditions climatiques moyennes lors de la floraison des féveroles, de même que la fréquence des bourdons et peut-être aussi les espèces présentes, pour affirmer qu'il s'agit bien d'exceptions. Les trois féveroles Polonaises

et, dans une certaine mesure, les féveroles Allemandes ont subi une certaine sélection humaine ou naturelle qui peut avoir modifié leur « besoin de déclenchement » et en avoir fait des féveroles intrinsèquement plus autogames.

La comparaison des valeurs de α pour les populations *Côte-d'Or* et *Lorraine* est également très intéressante. Il s'agit là de deux populations présentant un certain nombre de traits communs, cultivées dans des milieux présentant une certaine analogie, au moins quant au climat, l'une en semis d'automne (*Côte-d'Or*) l'autre en semis de printemps (*Lorraine*). Il en résulte un décalage de trois à quatre semaines dans la date de floraison (date moyenne d'apparition des premières fleurs pour *Côte-d'Or* : 5 mai, pour *Lorraine* : 1er juin) qui se traduit par une différence marquée du taux d'autogamie (0,6405 et 0,3915, probabilité de la différence $P < 0{,}001$). Le cycle évolutif des différentes espèces de *Bombus* est tel que la fréquence de ces insectes, très faible au début du printemps ne commence à s'accroître de façon sensible qu'à partir de la première quinzaine de juin. La fréquence beaucoup plus faible des bourdons lors de la floraison des féveroles d'hiver explique sans doute la moindre fréquence de l'allogamie.

De ses observations SIRKS (1931) avait pu conclure que la fécondation croisée est plus fréquente chez les types *Vicia faba minor* que chez *Vicia faba major*. La population de *Picardie* qui contient les trois types *Vicia faba minor*, *Vicia faba equina* et *Vicia faba major* nous fournit l'occasion d'une vérification pour des conditions de milieu identiques. On constate au contraire que l'autofécondation est significativement plus fréquente ($0{,}05 > P > 0{,}02$) chez la forme *minor* (poids de 100 grains inférieur à 55-60 grammes) que chez la forme *major* (poids de 100 grains supérieur à 95-100 grammes) avec des valeurs respectives de 0,6685 et 0,5310, malgré une précocité plus grande de la forme *V. f. major*.

En raison de ces nombreuses causes de variation et de l'influence du génotype il apparaît impossible d'attribuer à la moyenne générale $\alpha = 0{,}5780$ la valeur d'une représentation chiffrée du système de reproduction de l'espèce *Vicia faba*. Tout l'intérêt de la méthode que nous avons utilisée est de permettre de mesurer de façon simple et efficace, les résultats de fécondations qui peuvent s'être produites en un lieu quelconque et de mettre en évidence des différences dans la nature de ces fécondations.

C. — Conséquences.

La féverole se situe presqu'à mi-chemin entre autogamie et allogamie, la distance entre ces deux extrêmes pouvant varier avec le lieu et le génotype au moins autant qu'avec les années.

1° Conséquences sur l'évolution des populations.

La culture d'une population dans des conditions de milieu différentes de celles de son milieu d'origine peut amener des modifications de la fréquence des phénotypes et du coefficient d'inbreeding.

Supposons que le passage d'un milieu, où le pourcentage d'autogamie est α_1, à un autre milieu, défini par α_2, ne modifie pas les fréquences des allèles d'un couple quelconque. La fréquence des deux phénotypes étant fonction de α (phénotype dominant = (1) + (2), phénotype récessif = (3)), nous arrivons à un nouvel équilibre défini par ces équations. Dans le cas d'une population théorique où $q = 0,5$ passerait d'un milieu caractérisé par $\alpha_1 = 0,40$ à un autre où $\alpha_2 = 0,60$, la fréquence des phénotypes récessifs passerait de 0,3125 à 0,3570, la valeur atteinte dès la première année étant de 0,335.

Si on utilise la fréquence du phénotype récessif pour la différenciation des populations dans un système de certification, cette modification d'équilibre bien que d'importance modérée doit être prise en considération.

Ce même changement de milieu a également une influence sur les relations de consanguinité entre les génotypes qui constituent la population. Le coefficient d'inbreeding $f = \frac{2 - \alpha}{\alpha}$ varie et, dans l'exemple précédent, passe de 0,25 à 0,43.

Le coefficient moyen d'inbreeding des individus exprime les écarts à la panmixie. Ceci peut se traduire, à l'échelle de la population, en considérant cette population comme composée de deux parties (FYFE 1954, LI 1954), une fraction f qui suivrait un mode de reproduction autogame, une fraction $1-f$ qui suivrait un système panmictique.

Si la consanguinité occasionne chez la féverole une baisse de rendement ρ, une modification de l'importance de la fraction consanguine par suite d'une modification de α peut amener une diminution de rendement. Dans l'exemple précédent il y aurait une diminution de 0,18 ρ.

2° Conséquences sur le choix d'une méthode de sélection.

L'espèce *Vicia faba* semble offrir des possibilités quant à son orientation vers une plus grande autogamie ou une plus grande allogamie.

L'orientation dans le sens d'une plus grande autogamie paraît prolonger en l'accélérant l'évolution naturelle de l'espèce. La présence, décelée par l'examen cytologique des divisions méiotiques, d'anomalies généralement associées à l'autofécondation de nombreuses espèces allogames, l'existence d'une autoincompatibilité variable, faible, mais très vraisemblable, la germination et la croissance différentielle du pollen,

on en effet conduit Rowlands (1958) à considérer l'espèce *Vicia faba* comme une espèce allogame en cours d'évolutions vers l'autogamie.

L'éventualité de l'utilisation des méthodes de sélection des plantes autogames qui s'offre par la possibilité de sélectionner des types fortement autogames, doit dépendre avant tout de la vigueur que peuvent retenir ces types.

L'utilisation des méthodes d'amélioration des plantes allogames impose un travail beaucoup plus considérable à tous les échelons, ceux de la sélection comme ceux de la multiplication des semences. Seule une amélioration substantielle du rendement peut le justifier. Une limite apparaît à l'utilisation de l'hétérosis qui ne pourra être que partielle. Elle sera due à deux causes principales. Il sera difficile de faire disparaître toute trace d'autogamie, et par suite il faudra compter sur la présence d'une certaine proportion de lignées parentales dans les hybrides F_1. qui ne pourront être obtenus que par culture en mélange de ces lignées sans contrôle de la pollinisation. La tendance autogame que semblent manifester les hybrides F_1 quel que soit le comportement des lignées parentales apparaît comme une autre limitation. Il est donc important d'étudier le mode de reproduction des hybrides F_1 dans les conditions normales de culture, à l'aide de la génétique des populations.

Compte tenu de ces remarques, le choix, entre l'une ou l'autre de ces méthodes, doit être avant tout fonction de l'importance des phénomènes d'inbreeding et d'hétérosis.

II. — LA SÉLECTION DE LA FÉVEROLE POUR LE RENDEMENT EN GRAIN

A. — Les facteurs du rendement.

Le rendement d'une culture de féveroles est un produit. C'est un produit physique mais également le produit mathématique d'un certain nombre de variables principales :

nombre de plantes à l'unité de surface ;
nombre de gousses par plante ;
nombre de graines par gousse ;
poids d'une graine.

Tandis que la première est sous la dépendance directe de l'homme les trois autres sont inhérentes à la plante elle-même. Il est important pour le sélectionneur comme pour l'agriculteur de connaître, au travers des corrélations qui les unissent, la part qui revient à chacune d'elles dans la détermination du rendement.

Pour choisir à la fois les caractères sur lesquels les efforts de sélection

risquent d'être les plus fructueux et les méthodes les plus efficaces pour aborder cette sélection des facteurs du rendement il est important de connaître leur variabilité qui indique les limites possibles de l'intervention humaine et la manière dont ces facteurs sont hérités.

Enfin il est des facteurs comme la précocité dont l'action, bien qu'indirecte, justifie la prise en considération.

L'étude de ces facteurs du rendement a été entreprise suivant deux directions. L'une utilisait les résultats des essais comparatifs de variétés ou de techniques culturales ; elle a donc pu être utilisée dès 1953 et a fourni des renseignements intéressants. L'autre, utilisant des croisements diallèles, nécessitait l'obtention de lignées qui puissent être considérées comme pures et ne peut encore actuellement qu'indiquer des tendances. Il est intéressant de voir comment les deux séries de résultats se corroborent.

1° Variabilité des facteurs du rendement.

Pour qu'un caractère offre prise sans trop de difficulté à un travail de sélection, sans présumer en rien des méthodes à utiliser dans ce but, il faut que sa variation soit importante et sa fluctuation faible.

Quelques références bibiliographiques et l'examen des résultats fournis par des essais de variétés et de techniques culturales entrepris depuis 1953 procurent des éléments de comparaison. Dans ce but des prélèvements ont été effectués dans divers essais et l'analyse de facteurs du rendement réalisée sur ces prélèvements. On trouvera dans les paragraphes et les tableaux qui suivent les caractéristiques principales de chacun d'eux.

Le tableau IV indique les valeurs moyennes prises par les trois variables qui nous intéressent dans des essais de peuplement en 1954, 1955 et 1956 (deux variétés : *Strube* et *Columba* qui représentent des types assez extrêmes dans la section féveroles cultivées de l'espèce *Vicia faba*, très différente l'une de l'autre).

TABLEAU IV

Densité : Plantes/m²	Gousses par plante			Graines par gousse			Poids de 100 grains valeur relative		
	1954	1955	1956	1954	1955	1956	1954	1955	1956
20	12,97	9,65	18,13	2,77	3,08	2,66	100	100	100
40	7,43	6,12	10,64	2,72	2,97	2,63	97,3	103,1	101,4
60	5,79	4,39	7,10	2,59	2,91	2,74	96,2	104,7	103,9
80	4,53	3,54	5,40	2,48	2,81	2,66	98,7	104,6	104,1
Différence significative	2,60	0,51	1,39	0,28	0,14	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.

Le tableau V fournit les mêmes renseignements pour des semis échelonnés de 1953.

TABLEAU V

Date de semis	Gousses par plante		Graines par gousse		Poids de 100 grains	
	Strube	Columba	Strube	Columba	Strube	Columba
11 Mars	7,55	10,5	2,77	2,81	56,9	38,5
1er Avril	7,10	7,7	3,04	2,93	62,6	37,3
22 Avril	6,25	5,8	2,89	2,92	58,5	29,9
12 Mai	2,95	1,75	2,65	2,38	36,0	24,8
Différence significative	1,19		0,275		4,2	

Le tableau VI contient les rapports des variances observées pour les facteurs du rendement dans les mêmes essais de peuplement que ci-dessus (deux variétés : *Strube* et *Columba,* quatre densités : 20, 40, 60, 80 plantes m² et deux écartements entre les lignes : 20 et 40 cm). Il donne pour chacun d'eux un aperçu de la variation (rapport variété/erreur) et de la fluctuation (rapports densité/erreur et écartement/erreur) en même temps que l'importance relative de la variation et de la fluctuation (rapports variétés/densité et variété/écartement).

Le tableau VII fournit les mêmes renseignements, la date de semis étant ici la cause contrôlée.

a) NOMBRE DE GOUSSES PAR PLANTE.

A l'observation de cultures ou de plantes en pépinière, une chose frappe dès l'abord l'œil le moins averti ; le nombre de gousses par plante semble déterminer à lui seul le rendement des plantes considérées. Toutefois il a été montré à plusieurs reprises SOPER (1952) PICARD, BERTHELEM et FELIX (1955), HODGSON et BLACKMAN (1956), que ce qui est vrai à l'échelle de l'individu ne l'est plus à celle de la culture.

Ce facteur du rendement apparaît comme un caractère déterminé génétiquement puisqu'il prend des valeurs différentes avec les variétés : pour une date de semis normale la différence est significative entre *Strube* et *Columba* (tableau V) ; l'effet variété est significatif au cours des 4 années d'essais peuplement (tableau VI) ; les résultats de ROWLANDS (1955, 1958) montrent une variation avec les variétés dans les proportions de 1 à 3 (17, 34 à 55, 86 gousses par plante).

Mais sa principale caractéristique réside dans son énorme fluctuation. Dans nos essais les nombres moyens de gousses par plante ont varié de 1 à 6 (variation relative) avec la date de semis et de 1 à 3 avec les peuplements. Cette même caractéristique apparaît dans des résultats étrangers,

TABLEAU VI

Rapport des variances.

Variances comparées	Gousses par plante				Graines par gousse				Poids de 100 grains			
	1953	1954	1955	1956	1953	1954	1955	1956	1953	1954	1955	1956
Variété/erreur	76,69 (2)	13,63 (1)	83,85 (3)	222,9 (3)	0,0524	3,857	0,0229	29,69 (3)	10,12 (3)	364,1 (3)	889,6 (3)	2 225 (3)
Variété/densité	0,4500	0,3968	0,3207	1,321	0,00368	3,842	0,00152	37,69 (2)	17,684 (3)	861,8 (3)	566,9 (3)	838,8 (3)
Variété/écartement	0,6678	7,039	115,6	1 458 (1)	0,00698	2,385	0,0422	685,7 (1)	1 298 (1)	1 278 (1)	1 779,2 (1)	1 305 (1)
Densité/erreur	89,43 (3)	20,82 (3)	289,1 (3)	168,7 (3)	5,471 (1)	9,068 (1)	6,165 (1)	0,7876	0,274	4,265 (1)	0,8984	2,653
Écartement/erreur	44,14 (2)	4,322	0,8042	0,1529	11,20 (3)	1,138	0,2212	0,04330	1,407	0,266	0,2862	1,705

TABLEAU VII

Rapport des variances.

Variances comparées	Gousses par plante	Graines par gousse	Poids de 100 grains	
	1953	1953	1953	1954
Variété/erreur	1,610	0,8640	242,58 (3)	1 316 (3)
Variété/date de semis	0,02776	0,1517	5,69	11,92
Date de semis/erreur	579,7 (3)	5,690 (1)	42,61 (3)	21,28 (2)

(1) Rapport significatif au seuil P = 0,05.
(2) Rapport significatif au seuil P = 0,01.
(3) Rapport significatif au seuil P = 0,001.

tels ceux de Hodgson et Blackman (1956) dans lesquels on a, pour un peuplement de :

11 plantes : 14,1 gousses par plante,
22 plantes : 7,9 gousses par plante,
46 plantes : 4,4 gousses par plante,
67 plantes : 3,2 gousses par plante,

soit à l'unité de surface, respectivement : 155, 174, 202, 214 gousses.

Rowlands (1955, 1958) a montré que la fertilisation pouvait également jouer un rôle dans la fluctuation de ce caractère.

Le tableau VI fait ressortir de façon nette cette grande fluctuation. Malgré un rapport de variances variété/erreur élevé, le rapport variété/densité est généralement inférieur à 1 soulignant ainsi l'importance de cette cause dans la détermination du nombre de gousses par plante. L'influence de l'écartement est à la fois plus faible et beaucoup moins régulière.

Par leur action sur la nouaison les conditions climatiques de l'année interviennent fortement au niveau de ce caractère. Ce sont elles qui font que le pourcentage de fleurs qui donnent des gousses passe de 20 à 30 p. 100 d'une année à une autre (Rowlands 1955), avec des répercussions sur le rendement qui sont bien connues dans la pratique agricole. Bien que l'analyse de l'effet année n'ait pas été faite, les écarts observés entre les colonnes du tableau III indiquent son rôle dans la fluctuation, tous les autres facteurs ayant été maintenus constants.

Caractère présentant une variabilité intéressante, le nombre de gousses par plante sera donc difficile à employer en sélection par suite d'une grande fluctuation due non seulement aux techniques culturales qu'il est assez facile de contrôler mais surtout aux conditions climatiques annuelles auxquelles il est très malaisé d'échapper.

b) Nombre de graines par gousse.

Le second facteur du rendement présente sensiblement des caractéristiques inverses de celles du premier : fluctuation faible mais également variation faible.

Dans nos essais le nombre de graines par gousse ne varie que dans d'étroites limites mais il semble cependant (Rowlands 1955) qu'on puisse attendre une variation dans les limites relatives de 2 à 3 (valeurs extrêmes 2,23 et 3,16) ce qui représente une variation moindre que celle du caractère précédent. Comme la plupart des variétés cultivées fournissent des valeurs voisines de 3 l'amélioration à attendre est réduite et la faible fluctuation du caractère perd beaucoup de son intérêt.

Cette dernière caractéristique apparaît aussi bien dans les tableaux IV et V que dans les tableaux VI et VII.

c) Poids de 100 grains.

L'espèce *Vicia faba* est, sous l'angle de la taille des graines extrêmement différenciée puisqu'on trouve aux Indes la forme *V. f. paucijuga* dont la taille est comparable à celle d'un pois (poids de 100 grains = 15 grammes) et que 100 grains de fèves potagères pèsent jusqu'à 200-250 grammes, ce qui donne une variation de 1 à 15.

Diverses causes, les unes propres à la plante (existence de corrélations qui seraient difficiles à rompre), les autres dues à son utilisation (possibilités de semis, de battage etc.) font que, pour la féverole, on ne peut raisonnablement utiliser qu'une petite fraction de cette variabilité, entre 30 et 80 grammes pour 100 graines environ.

Muller (1943) signale que la grosseur du grain est un caractère héréditaire certain dont la sélection est facile.

Nos résultats montrent qu'on se trouve là en présence d'un caractère très variable mais remarquablement peu fluctuant ce qui confirme exactement l'opinion de Muller.

Les différentes causes de variation contrôlée que nous avons utilisées n'ont sur lui qu'une très faible action (rapports de variances densité/erreur et écartement/erreur très petits). Seule une date de semis nettement anormale a modifié significativement le poids de 100 grains (tableaux V et VII). Par contre l'influence variétale est très nettement prépondérante. Les rapports de variances variété/erreur, variété/densité, variété/écartement sont très élevés, assez stables au cours des années et nettement supérieurs à ceux qu'on obtient pour les deux autres facteurs.

Cette stabilité est confirmée par les résultats de Hodgson et Blackman concernant la densité de semis et de Rowlands concernant la fertilisation.

2° Importance et valeur relatives des facteurs du rendement.

Les mêmes prélèvements qui nous ont fourni des indications sur la variabilité des différents facteurs pris individuellement nous permettent de connaître avec plus de netteté leur rôle dans la détermination du rendement et de mieux préciser l'importance et l'ordre de priorité qu'il convient de leur attribuer dans le travail de sélection.

Dans ce but nous avons utilisé la méthode des régressions multiples entre :

le rendement y
le peuplement $x1$ (coef. de regression b_1) ;
le nombre de gousses par plante $x2$ (coef. de régression b_2) ;
le nombre de graines par gousse $x3$ (coef. de régression b_3) ;
le poids de 100 grains $x4$ (coef. de régression b_4).

Le tableau VIII donne les valeurs des quatre coefficients de régression multiple y = fonction linéaire de $x1$, $x2$, $x3$, $x4$ et surtout la signification de ces valeurs. Il permet de confirmer le rôle prépondérant que joue le poids de 100 grains dans la détermination du rendement (régression toujours hautement significative dans les deux types d'essais et stabilité relative des valeurs de b_4 pour les trois essais de peuplement qui comportent toujours les deux mêmes variétés), l'importance du peuplement, l'importance généralement faible des deux autres facteurs caractérisés surtout par la variation des valeurs de b_2 et b_3 au cours des années.

TABLEAU VIII

Nature et année de l'essai	b1		b2		b3		b4	
	Valeur	t	Valeur	t	Valeur	t	Valeur	t
Variétés 1953 (1)			26,1	1,88	83,8	0,50	10,5	3,12 (2)
Variétés 1953 (2)			103,6	6,05 (3)	– 340,9	2,75 (1)	17,2	8,91 (3)
Peuplement 1954	14,2	4,17 (3)	22,2	1,10	765,6	3,64 (2)	21,1	4,78 (3)
Peuplement 1955	9,3	2,85 (1)	52,5	1,84	– 51,2	0,37	10,4	3,99 (3)
Peuplement 1956	2,1	1,33	17,7	3,16 (2)	129,0	1,14	15,3	7,35 (3)

(1) Significatif pour P = 0,05 (2) Significatif pour P = 0,01 (3) Significatif pour P = 0,001

Une exception apparaît : l'essai variétés 1953 (2) pour lequel b_2 et b_3 sont significatifs. Il s'agit là d'un essai dans lequel l'éventail des variétés est très ouvert, allant de la féverole à petit grain à des types voisins de la fève (poids de 100 grains supérieur à 100 grammes).

Or on constate comme le signalait MULLER (1943) et ROWLANDS (1955) que toutes conditions égales par ailleurs, les types à gros grain ont un nombre de gousses par plante inférieur à celui des types à petit grain. Il en est de même pour le nombre de grains par gousse d'où la signification de b_2 et b_3 dans cet essai.

Conduite par la méthode de WOOLF (1951) l'analyse de la variance des régressions multiples ainsi calculées nous permet de progresser plus avant dans la connaissance des liaisons entre nos cinq variables (RIVES, 1957).

L'introduction successive de chaque variable permet d'avancer progressivement dans l'analyse de la régression tout en mettant en évidence la corrélation des facteurs entre eux.

La fraction de la variation totale du rendement expliquée par la régression est de 43,6 p. 100 en 1954, 51,2 p. 100 en 1955, 79,1 p. 100 en 1956. Dans cette fraction expliquée par la régression une partie est imputable à chacune des variables x_1, x_2, x_3, x_4,. Dans l'hypothèse d'une complète indépendance entre elles, la part qui reviendrait à chacune serait indépendante de l'ordre d'introduction de ces variables dans l'analyse. Par contre si deux variables présentent entre elles une certaine corrélation,

la part de la variation due à la régression, imputable à la première renferme, par suite de cette corrélation, une fraction de l'information due à la seconde.

Si donc deux caractères introduits successivement sont très liés le premier introduit apporte la quasi totalité de l'information qu'ils renferment tous les deux. Au contraire s'ils sont très indépendants, chacun apporte la même quantité d'information quel que soit l'ordre d'introduction. On possède donc là un moyen de juger à la fois de l'importance d'un facteur dans la détermination du rendement et de montrer le degré de liaison entre les facteurs.

Tableau IX

Fraction de la variance due à la régression expliquée par les différentes variables.

Variables	Ordre d'introduction dans l'analyse	1954	1955	1956
$x1$	1	25,8	44,9	43,1
$x2$	2	1,5	7,5	21,5
$x3$	3	18,1	5,1	11,7
$x4$	4	54,6	42,5	23,7
$x2$	1	8,6	51,8	63,5
$x1$	2	18,7	0,6	1,1
$x1$	1	25,8	44,9	43,1
$x3$	2	19,3	1,8	28,8
$x3$	1	4,0	20,0	41,9
$x1$	2	41,1	26,7	30,0
$x1$	1	25,8	44,9	43,1
$x4$	2	29,6	45,8	48,9
$x4$	1	28,4	43,5	83,1
$x1$	2	27,0	47,2	8,9
$x2$	1	8,6	51,8	63,5
$x3$	2	18,0	3,7	8,6
$x3$	1	4,0	20,0	41,1
$x2$	2	22,6	35,5	31,0
$x2$	1	8,6	51,8	63,5
$x4$	2	22,6	18,7	35,9
$x4$	1	28,4	42,5	83,1
$x2$	2	2,8	28,0	16,3
$x3$	1	4,0	20,0	45,0
$x4$	2	37,9	42,8	45,0
$x4$	1	28,4	42,5	82,7
$x3$	2	13,5	20,3	3,4

Le tableau IX indique, non pas l'analyse complète de la variance des régressions multiples et la signification ce qui serait confus et fastidieux, mais pour simplifier, la fraction de la variation expliquée par la régression qui est imputable aux différents facteurs du rendement dans différents ordres d'introduction.

En ce qui concerne les trois facteurs propres à la plante il découle de ce tableau que :

x_2, nombre de gousses par plante est étroitement lié au peuplement x_1, l'intensité de cette liaison étant très variable avec les années ;

x_3, nombre de graines par gousse est assez indépendant du peuplement et du nombre de gousses par plante ;

x_4, poids de 100 grains est très nettement indépendant du peuplement (l'introduction en premier de x_1 ou de x_4 ne modifie pratiquement pas la fraction de la variation due à chacun en 1954 et 1956) et ces deux facteurs expliquent à eux seuls une fraction importante de la variation totale. Le poids de 100 grains est également assez indépendant du nombre de gousses par plante et fortement indépendant du nombre de graines par gousse.

Ces résultats obtenus avec deux variétés, échantillon qui ne peut prétendre couvrir toute la variabilité existante chez la féverole, ne doivent être généralisés qu'avec précaution. Toutefois ils indiquent clairement que :

— sur le plan agronomique il faut choisir parmi celles qui existent des variétés à grain aussi gros que possible et les semer à des peuplements élevés ;

— sur le plan sélection, le poids de 100 grains est le plus important des facteurs du rendement et la sélection pour ce caractère offre beaucoup plus de facilités que pour les deux autres. Cette dernière conclusion découle également des paragraphes suivants bien qu'elle soit là, obtenue avec un matériel végétal et par une méthode sans liaison avec les précédents.

3° Aperçu sur l'hérédité des facteurs du rendement.

L'analyse des résultats d'un groupe de croisement du type diallèle procure des renseignements sur le mécanisme génétique qui contrôle la transmission héréditaire des caractères étudiés. Elle peut donc être fort utile pour le sélectionneur.

La méthode décrite par HAYMAN (1954) pose entre autres hypothèses, l'homozygotie des parents. Cette obligation nous a conduit à n'utiliser dans les croisements réalisés en 1957 et étudiés en 1958, que quatre lignées ayant subi 6 générations d'autofécondation. D'autres croisements ont été réalisés en 1959 pour observation en 1960 avec 7 lignées parentales. Ils nous permettront de contrôler les résultats que nous donnons ci-dessous à titre indicatif, car il est difficile d'accorder une grande valeur à certaines estimées et en particulier au coefficient de régression de Wr (co-variance des parents avec leur descendance dans un groupe) sur Vr (variance des composants du même groupe).

Parmi les autres hypothèses, celle d'une ségrégation diploïde est

vérifiée et nos résultats montrent qu'il n'y a pas de différences entre croisements réciproques.

Les quatre lignées utilisées couvrent une très grande partie de l'éventail de précocité de floraison et de maturité qu'on rencontre chez la féverole, mais il n'en est pas de même pour les autres caractères en particulier le poids de 100 grains et celà impose également une limite à la génération de nos résultats.

Toutefois, on peut déduire, avec les réserves déjà indiquées, les indications suivantes :

— la précocité de floraison et la précocité de maturité seraient sous la dépendance d'un système génique dont on peut dire qu'il ne diffère pas de l'additivité ; les types précoces montrent une légère dominance ($H_1/D = 0{,}17$ et $0{,}25$ respectivement) ;

— le poids de 100 grains présente des caractéristiques identiques avec une légère dominance de gros grains ($H_1/D = 0{,}40$) ;

— gousses par plante et graines par gousse seraient sous la dépendance d'un système génique non additif ; ils manifestent une super-dominance ($H_1/D = 4{,}5$ et $1{,}6$ respectivement) ;

— l'interaction de ces derniers facteurs au niveau de leur résultante, le rendement, conduit à faire appel pour expliquer les résultats, à un système génique non additif manifestant une super-dominance ($H_1/D = 6$)

Ces indications ajoutées à ce que nous avons vu dans les paragraphes précédents sur la variabilité, la fluctuabilité et le rôle de chacun des facteurs du rendement montrent que la sélection pour le poids de 100 grains est chose facile, mais que cette sélection est beaucoup moins aisée pour les deux autres caractères.

Bien que nous ne connaissions pas la nature des phénomènes qui se traduisent par une non additivité du système génique pour les nombres de gousses par plante et de graines par gousse, nous sommes amenés à penser que la féverole est peut-être justiciable de deux méthodes de sélection différentes qu'il conviendrait de juxtaposer : l'une « autogame » pour précocité et poids des grains, l'autre « allogame » pour les deux autres caractères.

B. — Fréquence et importance de l'inbreeding et de l'heterosis.

Le système de reproduction et la biologie florale montrent que la féverole se situant à mi-chemin entre auto et allogamie peut être traitée comme une espèce auto ou allogame.

A chacun de ces deux grands groupes de plantes s'adaptent deux grands groupes de méthodes de sélection.

La sélection peut faire pencher la tendance naturelle de l'espèce dans une direction ou dans l'autre, autogamie ou allogamie, mais alors nous surimposons à une sélection directement utilitaire qui doit être le premier souci du sélectionneur (rendement, résistance à la verse, aux maladies, etc) une seconde sélection pour le mode de reproduction.

Il importe que cette sélection annexe pourrait-on dire, ne conduise pas soit à une complication excessive du travail, soit surtout à une élimination trop importante de matériel végétal par ailleurs très intéressant.

Pour que l'utilisation d'une méthode « autogame » se justifie il faut en particulier que les lignées obtenues soient au moins aussi productives que les populations parentales d'où elles sont tirées.

Pour pouvoir utiliser une méthode « allogame », nécessairement plus complexe, il faut que le gain de vigueur et de rendement qui en résulte soit suffisant pour justifier ce supplément de travail.

Avant d'essayer de faire un choix entre ces deux groupes de méthodes nous avons tenté de mieux connaître l'importance et la fréquence des phénomènes d'inbreeding et d'hétérosis.

1° Inbreeding.

L'étude de la baisse de vigueur en consanguinité a été réalisée sur des lignées tirées de différentes populations, cultivées dans les conditions de la pépinière, c'est-à-dire en plantes espacées de 20 cm sur la ligne, les lignes étant elles-mêmes distantes de 50 cm.

Elle porte sur des lignées d'âge variable obtenues par autofécondations successives sans qu'une sélection vraiment efficace ait pu être faite pour le rendement puisque la réalisation de l'autofécondation empêche tout jugement sur le rendement de la plante elle-même et oblige à ne juger de sa productivité qu'à travers ses plantes sœurs ou sa descendance.

Si toutefois une sélection a eu lieu, portant sur le nombre de graines par gousse de la fraction en fécondation libre quand il en existe une, ou sur le poids de 100 grains, cette sélection ne peut que diminuer l'importance des phénomènes de baisse de vigueur que les résultats mettent en évidence et renforcer la valeur de nos conclusions.

Le rendement des lignées a été comparé à celui des populations dont elles sont issues et, quand cela était possible, au rendement de la fécondation libre correspondante.

Dans sa partie supérieure le tableau X indique la signification des différences lignée-population et autofécondation-fécondation libre.

Au travers des comparaisons lignée consanguine-population la dépression de vigueur apparaît comme un phénomène fréquent (53 différences négatives sur 70 comparaisons) surtout si l'on tient compte de ce

que trois des quatre différences positives significatives sont le fait de lignées issues d'hybrides naturels évidents par leur précocité bien supérieure à celle de la population. Son importance est variable, les différences relatives extrêmes par rapport à la population d'origine étant :

en 1956 de — 44,5 p. 100 pour une I_3 et + 58,1 p. 100 pour une I_2 (1).

en 1957 de —52,7 p. 100 pour une I_3 et + 36,7 p. 100 pour une I_4.

en 1958 de —55,2 p. 100 pour une I_7 et + 74,9 p. 100 pour une I_7 (1).

Les valeurs (1) se rapportent aux descendances d'hybrides naturels mentionnés ci-dessus.

TABLEAU X

Année	Comparaison — Nature	Nombre	Différences positives — Significatives	Différences positives — Non significatives	Différences négatives — Non significatives	Différences négatives — Significatives
1956	Autofécondation-Fec. libre	18		1	10	7
	I_2 – Population d'origine	10	1	4	2	3
	I_3 – — —	8		2	4	2
	I_4 – — —	3			3	
	I_5 – — —	4		1	3	
1957	Autofécondation-Fec. libre	21	1	9	9	2
	I_2 – Population d'origine	1			1	
	I_3 – — —	14		3	8	3
1958	I_7 – Population d'origine	30	2	4	11	13
1957	Hybride-Parents inbreds	6	4	1	1	
1958	Hybride-Parents inbreds	32	27	4	1	
	Hybride-Populations d'origine ..	30	14	10	5	1

Les comparaisons autofécondation-fécondation libre font apparaître l'importance du phénomène de vigueur hybride puisque sur 39 comparaisons on a 28 différences négatives dont 9 significatives. Ces résultats confirment l'importance du vicinisme mis en évidence par l'étude du mode de reproduction et soulignent les difficultés qui en résultent dans le travail de sélection ou d'expérimentation : impossibilités par exemple, d'utiliser les récoltes de fécondation libre en pépinière, de plantes ou de familles, pour en connaître la valeur par des observations ou des essais de rendement.

2° Vigueur hybride.

L'existence d'un effet d'hétérosis, mis en évidence de différentes manières a déjà été prouvé à plusieurs reprises. A l'occasion du calcul du taux d'allogamie, FYFE et BAILEY (1951) ont pu conclure à la plus grande vigueur des plantes issues de fécondation croisée au sein d'une population en même temps qu'ils obtenaient une preuve indirecte de l'effet dépressif de l'autofécondation, chez la féverole d'hiver. LECHNER

(1956) signale également l'existence d'hétérosis dans les croisements. Il ne semble pas toutefois qu'on ait cherché à en mesurer l'importance.

Le tableau X est surtout intéressant par le contraste qu'on y trouve entre la partie supérieure et la partie inférieure dans laquelle figurent les différences hybride-parents inbreds et hybride-populations d'origine des lignées parentales.

Dans le premier cas, sur 38 comparaisons, 36 différences sont positives dont 31 significatives et le phénomène de vigueur hybride apparaît comme un phénomène général dont l'importance est considérable puisque les valeurs relatives extrêmes par rapport aux deux lignées parentes sont :

en 1957 + 92 p. 100 — 8,2 p. 100.
+ 23,6 p. 100 + 74,9 p. 100.
en 1958 + 213,1 p. 100 — 8,1 p. 100.
+ 208,1 p. 100 + 92,7 p. 100.

Les lignées parentes sont déprimées et ne sont pas cultivées. Cette supériorité des hybrides pourrait n'être qu'illusoire et sans portée pratique si avec une fréquence suffisante, les hybrides n'étaient pas supérieurs aux populations d'où sont issues les lignées. Aussi avions-nous, en 1958, prévu la réalisation des comparaisons de rendement : hybride-populations d'origine.

Trente comparaisons de ce type ont donné lieu à 24 différences positives dont 14 significatives. C'est-à-dire que dans la moitié des cas on a obtenu un gain de rendement certain par rapport au matériel utilisé au départ. Les valeurs relatives extrêmes des différences par rapport aux deux populations d'origine des parents sont de :

+ 207,2 p. 100 — 27,6 p. 100.
+ 325,4 p. 100 + 3,4 p. 100.

Les mêmes lignées qui, en absence de sélection donnent lieu à une sensible diminution de rendement en consanguinité ou peuvent permettre un léger gain lorsqu'une sélection ou une hybridation ont pris place, donnent naissance à un hétérosis marqué quand elles sont soumises au croisement.

Tel qu'il apparaît dans les chiffres ci-dessus, l'accroissement de rendement maximum obtenu est élevé car on se trouve en présence de populations parentales à l'état vraiment brut, vraiment naturel, Afrique du Nord et Lorraine dont la productivité est faible et les caractères assez nettement complémentaires. Comparé au rendement de la meilleure population de l'essai qui est une variété Allemande, le rendement de cet hybride conserve encore une supériorité de 67,4 p. 100 et sur 15 hybrides réalisés, 10 ont un rendement supérieur à celui de la variété Allemande.

Les lignées utilisées ici n'avaient subi aucune sélection ou au maximum une sélection d'efficacité douteuse. De même qu'elle devrait per-

mettre d'obtenir des lignées plus productives que celles dont nous disposions, une sélection efficace devrait permettre d'obtenir des effets plus nets de vigueur hybride. Il reste à voir comment cette sélection pourrait être conduite et l'hétérosis utilisé.

C. — Essai de choix d'une méthode de sélection.

Bien qu'elle ne puisse être appliquée dans la simplicité qui est la sienne lorsqu'on s'adresse aux céréales il est séduisant de penser utiliser pour la féverole la méthode classique de sélection des plantes autogames.

La possibilité d'obtenir des lignées à caractère fortement autogame, la possibilité d'obtenir des lignées qui conservent une vigueur compatible avec leur mise en culture directe, la possibilité de combiner par croisement des caractères intéressants venant de parents différents et de partir ainsi, au début de la consanguinité, d'un niveau de production plus élevé, sont autant de facteurs favorables au choix de cette méthode.

Efficace très certainement pour des caractères à hérédité simple et peu fluctuants tels que nous les avons vus plus haut (précocité de floraison ou de maturité, et poids de 100 grains), cette méthode le sera moins pour le nombre de graines par gousse et beaucoup moins pour le nombre de gousses par plante. Ainsi peut-on dire que la moitié seulement des facteurs du rendement subira une sélection efficace et c'est là sans aucun doute une cause limitante du progrès qu'on est en droit d'attendre de l'application de cette méthode.

Il faut cependant remarquer que la variété obtenue, pratiquement indépendante de la visite des insectes pour la pollinisation, trouverait là un facteur de régularité du rendement qui s'ajoute à la facilité de maintien de cette variété et à la facilité de production des semences.

Soulignons que le schéma de sélection doit différer quelque peu du schéma classique et faire appel à l'utilisation de réserves. Il faut à notre sens : autoféconder, effectuer un premier tri sur l'autofertilité, semer une fraction des descendances retenues après ce premier choix pour observation en pépinière (précocité, parasites, verse, appréciation du rendement) et noter les meilleurs. L'année suivante la fraction stockée des descendances retenues est semée pour autofécondation.

Le processus continue ainsi jusqu'au stade isolement en vue d'une récolte pour essai, puis multiplication si nécessaire. La nécessité d'une autofécondation artificielle qui empêche de juger la plante pour certains caractères impose un ralentissement de la sélection qui ne fonctionne qu'un an sur deux.

Les résultats ci-dessus montrent qu'en face de cette facilité relative l'utilisation de l'hétérosis, par sa fréquence et son importance devrait

permettre de franchir un pas supplémentaire dans l'amélioration du rendement d'une plante à laquelle on reproche dans la pratique sa production souvent médiocre.

Nous l'avons vu précédemment, des limites surgissent à cette utilisation et d'abord l'impossibilité de réaliser la castration des lignées parentes. L'utilisation de la vigueur hybride ne peut être envisagée que par culture en mélange de deux lignées et emploi au stade agricole de la récolte de cette culture (G_1), de la multiplication suivante (G_2) ou de la multiplication d'un mélange de deux ou plusieurs G_1.

Si la sélection des lignées s'accompagne d'une sélection pour une plus grande allogamie (lignées ayant un fort besoin de déclenchement et présentant une auto-incompatibilité assez marquée) la G_1 comportera une proportion très élevée d'hybrides F_1 extériorisant un hétérosis maximum. Si aucune sélection n'est faite vers l'allogamie, la perte normale de l'aptitude à produire des graines par autofécondation au cours des autofécondations successives, conduira néanmoins à obtenir une proportion élevée d'hybrides F_1. Dans les deux cas il est très difficile de connaître à priori cette proportion qui est en quelque sorte un coefficient d'utilisation de l'hétérosis potentiel. Ce devrait être là une des dernières phases des études préalables à l'utilisation d'une méthode allogame.

Dans cette hypothèse d'utilisation commerciale de la G_1 une difficulté se situera au niveau de la production des semences qui, chez cette espèce dont le coefficient de multiplication est faible, exigera une quantité importante de semences des lignées.

Le mélange de deux G_1 différentes pourrait permettre la réalisation de l'équivalent d'un hybride double de maïs, mais là comme dans l'utilisation de la G_1, on se heurte au comportement des plantes F_1 qui, d'après ce que nous savons, et sous réserve de vérification dans les conditions de culture, se rapproche fortement de l'autogamie, indépendamment de la nature des lignées parentes.

La variété cultivée ne pourra donc être qu'une G_1, F_1 qui comprendra une petite proportion de plantes du type parental ou une G_2 qui comprendra des plantes F_2, des back-cross de la F_1 aux plantes parentales qui subsistaient et quelques rares plantes parentales, avec la baisse de rendement qui en découle et une moins grande homogénéité.

L'importance de l'homogénéité est surtout grande pour la précocité ; la résistance aux maladies, la taille du grain, tous caractères à hérédité assez simple. Il n'est donc pas difficile et pour la précocité il est indispensable, d'utiliser des lignées présentant sur ces points une assez grande analogie. Les disjonctions à attendre seront donc l'amplitude limitée.

Il nous est actuellement impossible de chiffrer la baisse de rendement en F_2, n'ayant pas encore cultivé la même année dans un même essai des plantes F_1 et des plantes F_2. Toutefois des plantes sœurs des F_1 étudiées

en 1958 avaient été autofécondées. Comparées en 1959 aux lignées parentales et aux populations d'origine dans les mêmes conditions que les F_1 l'avaient été en 1958, ces F_2 ont fourni des rendements qui laissent penser à une dépression sensible, de nature à faire perdre une fraction importante du gain obtenu en F^2. Les valeurs données dans le tableau XI comparées à celles du tableau X et les gains extrêmes (+ 82,40 p. 100) comme les pertes extrêmes (—42,25 p. 100) par rapport aux populations d'origine, l'indiquent nettement.

Comparaison		Différences positives		Différences négatives	
Nature	Nombre	Significatives	Non significatives	Non significatives	Significatives
F_2- lignées parentes	24	16	7	1	
F_2- populations d'origine........	24	8	4	10	2

Il convient de signaler que certaines F_2 ont conservé un rendement supérieur à celui de la meilleure population, laissant entrevoir malgré tout la possibilité d'un gain de rendement si une sélection sévère était réalisée.

Ces résultats sont encore trop fragmentaires pour émettre une opinion valable sur l'opportunité qu'il pourrait y avoir à utiliser une G_1 ou une G_2. Une expérimentation plus importante est nécessaire, comme il est nécessaire de savoir commentdes résultats observés en culture isolée se transposent à l'échelle agricole, mais il semble difficile de penser à priori utiliser des G_2. Elles permettraient sans doute de ne tirer parti que d'une fraction trop faible de l'hétérosis potentiel que peuvent renfermer des lignées.

Quant à la méthode de sélection, elle ne diffèrera pas, ni dans sa conduite ni dans les buts à atteindre, de ce que nous avons vu pour la « méthode autogame » tout au moins dans les premiers stades. On pourra toutefois rechercher, au lieu de lignées à tendance autogame, des lignées aussi fortement allogames que possible. Au bout de 3 à 4 générations de consanguinité commenceront les tests de faculté d'association afin d'éliminer surtout sur la base du nombre de gousses par plante et de graines par gousse. Portant sur des plantes issues de croisements faits à la main, il ne pourra s'agir à ce stade que d'essais sur un nombre réduit de plantes. Ils seront suivis de l'élimination des lignées médiocres tandis que les descendants des meilleures lignées seront de nouveau testés après 1 ou 2 générations d'autofécondation et éventuellement utilisés.

Par sa fréquence et par son importance, opposées à la fréquence et à l'importance de la dépression dûe à la consanguinité, la vigueur hybridre permet de penser que, même avec une utilisation partielle imposée par la biologie de la féverole, on peut améliorer la productivité de l'espèce.

Plus difficile à utiliser, la méthode allogame paraît aussi plus riche de promesse. Il n'est pas exclu que la méthode la plus valable soit une méthode qui réalise un compromis entre avantages et inconvénients des deux extrêmes.

III. — RÉSUMÉ ET CONCLUSION

Nos résultats comme ceux d'autres auteurs montrent que le système de reproduction de la féverole se situe sensiblement à mi-chemin entre l'auto et l'allogamie (valeur moyenne du pourcentage d'autofécondation $\alpha = 0{,}5780 \pm 0{,}115$). Cette situation varie dans l'espace (allogamie croissante du Nord au Sud et de l'Ouest à l'Est) beaucoup plus que dans le temps, mais elle est également fonction du génotype. La sélection permettant d'obtenir des lignées consanguines à tendance autogame ou au contraire à tendance allogame.

Doit-on dès lors conduire la sélection de la féverole comme celle d'une espèce autogame ou au contraire comme celle d'une espèce allogame?

L'importance et la fréquence de la baisse de vigueur consécutive à l'autofécondation rendant difficile l'obtention de lignées très productives, l'importance et la fréquence de la vigueur hybride en l'absence de sélection efficace, semblant permettre un accroissement de rendement, sont les deux critères du choix, critères auxquels viennent s'adjoindre les difficultés pratiques de l'une ou l'autre méthode.

Plus simple, la « méthode autogame » doit être efficace pour des caractères à hérédité simple (résistance aux maladies par exemple) ou dont le déterminisme génétique est voisin de l'additivité (précocité, taille des grains). Elle ne s'adresse efficacement qu'à une fraction des facteurs du rendement et c'est pourquoi nous pensons qu'elle devrait n'être qu'une première phase du travail, fournissant des lignées à tendance allogame améliorées pour les caractères cités. Une seconde phase serait représentée par la recherche de l'aptitude particulière à la combinaison de ces lignées qui conduirait à une sélection pour la vigueur générale et les autres facteurs du rendement (nombre de grains par gousse, nombre de gousses par plante).

Reçu pour publication en mars 1960.

SUMMARY

Contribution to the breeding of spring horsebean (Vicia faba L.)

Our results and other authors' show that the breeding system of horsebean stands approximately half-way between autogamy and allogamy (the mean value of the percentage of self-pollination : $\alpha = 0{,}5780 \pm 0{,}115$). This state

of things varies in space (the frequency of cross-pollination increases from North to South and from West to East), much more than in time, but it is also depending on the genotype. Breeding permits to obtain inbred lines showing a tendency to be naturally self-fertilized, or on the contrary to be cross-fertilized.

The question arises to know if the methods of horsebean breeding must be the same as for a cross- or self-fertilized species.

It is difficult to obtain highly productive lines because of the importance and of the frequency of inbreeding-effect ; moreover, the importance and the frequency of hybrid vigor, when there is no efficient selection, seem to permit an increase of yield. These two criteriums may lead to a definitive choice of the method of breeding ; but, in addition, it is necessary to take into consideration the practical difficulties which may arise from both these methods.

The pure line method is more simple and seems to be efficient for simply-inherited characters (disease resistance for instance), or whose type of inheritance is close to additivity (earliness, seed size). This method is only efficient for a part of yield components and that is why we think that it should be a first step in the research, in the breeding of lines having a tendency to be cross-fertilized and improved for the mentioned characters. In a second step, one would look for a particular combining ability of these lines which would lead to a selection for general vigor and for the other yield components (number of seeds per pod, number of pods per plant).

ZUSAMMENFASSUNG

Angaben über die Züchtung der Frühjahrsackerbohne Vicia faba L.

Unsere Resultate sowie diejenigen von anderen Forschern zeigen, dass sich das Fortpflanzungssystem der Ackerbohne ungefähr halbwegs zwischen Autogamie und Allogamie befindet (Mittelwert des Selbstbefruchtungsprozentsatzes = 0,5780 ± 0,115). Dieser Zustand verändert sich viel mehr im Raum (zunehmende Allogamie von Norden gegen Süden und von Westen gegen Osten) als in der Zeit, hängt aber ebenfalls von dem Genotypus ab. Durch Züchtung ist es möglich blutsverwandte Linien mit Neigung zur Autogamie oder im Gegenteil zur Allogamie zu erhalten.

Infolgedessen kann man sich fragen ob die Züchtung der Ackerbohne als Selbstbefruchtungspflanze oder als Fremdbefruchtungspflanze betrieben werden soll.

Die zwei Hauptkriterium dieser Züchtung, welchen man die praktischen Schwierigkeiten der einen oder der anderen Methode hinzufügen muss sind folgende :

— die Wichtigkeit und die Häufigkeit der Wachstumsabnahme die als Folge der Selbstbefruchtung antritt und die eine Erlangung von sehr ertragreichen Linien erschwehrt.

— die Wichtigkeit und die Häufigkeit der Heterosis die nach allem Anschein und in Abwesenheit einer wirksamen Selektion eine Erhöhung der Erträge erlaubt.

Die « Selbstbefruchtungsmethode » ist einfacher und wird wohl wirksam für Eigenschaften mit einfacher Vererbung (z. B. Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten) oder für Eigenschaften deren genetiken Determinismus additiv

bedingt ist (Frühreife Körnergrösse) sein. Dagegen ist sie nur für einen Teil der Erbschaftsfaktoren wirksam, sodass wir glauben, dass sie nur eine erste Arbeitsphase darstellen sollte mit dem Ziel, für die angegebenen Eigenschaften, verbesserte Linien mit Neigung gegen Allogamie zu erlangen. Eine zweite Phase wäre dann der Erforschung der spezifischen Kombinationseigenschaften dieser Linien gewidmet und würde zur Züchtung im Hinblick auf die allgemeine Wüchsigkeit und die weiteren Ertragsfaktoren (Körnerzahl pro Hülse, Hülsenzahl pro Pflanze) führen.

Данные для мелиорации яровых конских бобов, Vicia faba L.

Ж. ПИКАР.

РЕЗЮМЕ

Наши результаты, как и результаты других авторов, указывают, что система репродукции конских бобов находится в промежутке между авто-и аллогамией (средний процент авто-оплодотворения = 0,5780 ± 0,115).

Это положение меняется пространственно (увеличение аллогамии ст севера на юг и ст запада на восток), гораздо больше чем во времени, оно является также функцией генотипа. Селекция позволяет получать линии с « смешением крови » автогамной тенденции или же, наоборот с тенденцией аллогамной.

Нужно-ли, таким образом, вести селекцию конскаго боба, как автогамнаго вида или-же как вида аллогамнаго?

Важное и частое понижение жизненности — следствие само-оплодотворения, делает трудным получение продуктивных линий, а важность и численность гибриднаго повышения мощности, без всякой эффективной селекции, позволяет, по видимому повышение урожая. Эти два критерия выбора усложняются практическими трудностями одного и другого метода.

Метод « автогамный », более простой, должен быть эффективным для характеров с простой наследственностью (например устойчивость к болезням) или-там, где генетический детерминизм близок к совокуплению (скороспелость, величина зерен). Он касается, эффективно, только части факторов производительности и поэтому, мы думаем, что он может являтся только первой фазой работы, доставляя линии с улучшенной аллогамной тенденцией для цитированных характеров.

Вторая фаза будет представленна изысканием специальной способности комбинирования этих линий, которое приведет к селекции по общей жизненности и по другим факторам производственности (число зерен на стручек, число стручков на растение).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AKERBERG (E.), BINGEFORS (S.) et PERSSON (P. J.). — Förädlingen av akerbönor, *Vicia faba* L., vid. Sveriges Utsädesförenings Ultunafilial. *Sver. Utsädesförenings Tidsk.*, LXV, 5, 333-356, 1955.

ALEFELD (E.). — Landwirtschaftliche Flora oder ide nutzbaren cultivierten *Sver. Utsadesforenings Tidsk.*, LXV, 5, 333-356, 1955.

ALEFELD (E.). — Landwirtschaftliche Flora oder die nutzbaren cultivierten Garten und Felgewächse Mitteleuropas in allen wilden und Cultur-varietäten. Berlin, Wiegandt und Hempel, 1866.

BAILEY (N. T. J.). — Testing the solubility of maximumlikelihood equations in the routine application of scoring methods. *Biometrics*, VII, 268-274, 1952.

CREBERT (H.). — Beiträge zur Züchtung einjähriger Hülsenfrüchte. *Z. für Pflanzenz.* XIX, 526-549, 1934.

CREBERT (H.). — Beobachtungen bei der Kreuzungszüchtung mit der Pferdebohne. *Züchter*, **3**, 360-364, 1931.

DRAYNER (Miss J. M.). — Regulation of outbreeding in field beans (*Vicia faba*). *Nature*, **177**, nº 4506, 489-490, 1956.

ERITH (A. G.). — The inheritance of colour, size and form of seeds and of flower colour in *Vicia faba* L. *Genetica* XIII, 477-510, 1930.

FRUWIRTH (C.). — Die Befruchtingsverhältnisse der Ackerbohne. *Frühlings landw. Ztg.* L XIV, 473-478, 1915.

FYFE (J. L.). — Plant breeding studies in leguminous forage crops. II. Further observations on natural cross-breeding in winter beans. *J. Agric. Sci.*, XLV, 141,147, 1955.

FYFE (J. L.) and BAILEY (N. T. J.). — Plant breeding studies in leguminous forage crops. I. Natural cross-breeding in winter beans. *J. Agric. Sci.*, XLI, 371-378, 1951.

HAYMAN (B. I.). — The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, IXL, 789-809, 1954.

HODGSON (L.) and BLACKMAN (G. E.). — An analysis of the influence of plant density on the growth of *Vicia faba*. I. *J. of Exp. Botany* VII, 147-165, 1956.

HUA (H.). — (Croisement naturel chez Vicia faba). *Chinese J. Agric. Sci.*, I, 63-65, 1943. (résumé anglais).

HUA (H.). — Étude génétique de *Vicia faba*. Rapport préliminaire. *Acta Brevia Sinensis* IV, 18-20, 1943.

KAZNOWSKI (L.). — Études sur la fève (*Vicia faba* L.). I. Féverole de Vistule. *Mém. Inst. nat. polon. Economie rurale à Pulawy* IV, 50-86, 1923.

KORNICKE (F.). — Systematische übersicht der Zerealin und Leguminosen aus dem botanischen Garten Bonn Poppelsdorf, 1873.

LECHNER (L.). — Die Pferdebohne (*Vicia faba* L.). *Handbuch der Pflanzenzüchtung* Band IV, Bogen 1-5, 1956.

LI (C. C.). — *Population genetics*. University of Chicago Press, 1954.

MULLER (H.). — Die Pferdebohne. *Handb. der Pflanzenzüchtung* Band 3, 1, 1943.

PICARD (J.). — Recherches sur la féverole. *Ann. Amél. Plantes* III, 57-106, 1953.

PICARD (J.), BERTHELEM (P.) et FELIX (L.). — La culture de la féverole grain, quelques données d'expérimentation réalisée en 1952, 1953 et 1954 dans la moitié nord de la France. *Ann. Amél. Plantes* V, 79-102, 1955.

REISH (W.). — Variabilitätsstudien an *V. faba* L. *Z. fur Acker und Pflanz.*, **94**, 281-306, 1952.

RIVES (M.). — Études sur la sélection du colza d'hiver. *Ann. Amél. Plantes* VII, 61-107, 1957.

ROWLANDS (D. G.). — The problem of yield in field beans. *Agric. Progress* XXX, 137-147, 1955.

ROWLANDS (D. G.). — The nature of the breeding system in the field bean (*V. faba* L.) and relationship to breeding for yield. *Heredity* XII, 113-126, 1958.

SHEN (L. Y.). — Une étude du croisement naturel chez *Vicia faba*. *J. Agric. Assoc. China*, **185**, 55, 1947 (résumé anglais).

SIRKS (M. J.). — Beiträge zu einer genotypischen Analyse der Ackerbohne *Vicia faba* L. *Genetica* XIII, 210-631, 1931.

SOPER (M. H. R.). — A study of the principal factors affecting the establishment and development of the field bean (*Vicia faba*). *J. Agric. Sci.* XLII, 335-346, 1952.

WOOLF (B.). — Computation and interpretation of multiple regressions. *J. Roy. Statist. Soc.* XIII, 100-119, 1951.

HÉRÉDITÉ DE LA COULEUR DES FLEURS CHEZ LE COLZA

Brassica napus L. var. *oleifera* Metzger

PAR

J. MORICE

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Versailles

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

I. — **Vérification de l'hypothèse bifactorielle de Sylvén.**

II. — **Hérédité de la couleur de fleurs « blanc crème ».**

Étude de diverses F_2 : intervention d'un troisième gène.

Existence de plusieurs génotypes pour les plantes à fleurs blanc-crème.

III. — **La couleur des fleurs chez les autres espèces du genre Brassica.**

IV. — **Couleur des pétales et études de biologie florale.**

Résumé.

Références bibliographiques.

INTRODUCTION

Il existe chez le colza cinq couleurs différentes de pétales. La plus fréquente que nous appellerons « jaune normal » est une teinte jaune citron. Les autres sont « jaune orangé foncé », « jaune clair », « jaune orangé clair », « blanc crème ». La plupart des variétés de colza ont des fleurs jaune normal et dans certaines de ces variétés, *Lembke* et *Valois* par exemple, on trouve des plantes dont les pétales sont jaune orangé foncé. Les variétés *Hambourg* et *Sarepta*, celle-ci obtenue à partir d'un croisement *Lembke* × *Hambourg*, sont à fleurs jaune clair et dans la population *Hambourg* on peut trouver des plantes à pétales blanc crème.

La coloration des pétales est probablement due à des pigments des plastes du groupe des anthoxanthines (flavones et flavonols) ; ces pigments peuvent en effet donner des couleurs allant de l'ivoire pâle au jaune foncé (SCOTT.-MONCRIEFF, 1936).

L'étude des disjonctions de couleurs de fleurs est parfois assez délicate car si l'on peut aisément distinguer deux parcelles de colza ayant des couleurs de fleurs différentes, jaune clair et jaune orangé clair par exemple, il est plus difficile de trier, dans un mélange, des plantes de couleurs assez voisines, d'autant plus que certains hétérozygotes ont un phénotype intermédiaire et peuvent donner l'impression d'une variation presque continue d'une couleur à l'autre. L'intensité de la coloration peut aussi varier avec l'âge de la fleur ; c'est ainsi que la couleur blanc crème apparaît nettement quand les fleurs ont été exposées quelque temps à la lumière, les pétales des fleurs qui viennent de s'ouvrir sont toujours plus ou moins jaunes et il est difficile de les distinguer des pétales jaune clair ou jaune orangé clair. Malgré ces difficultés, il est possible avec un peu d'habitude de classer, avec peu d'erreurs, les plantes des F_2 par exemple, dans un certain nombre de groupes qui correspondent bien aux différents phénotypes que l'on doit trouver.

SYLVÉN (1927) a étudié l'hérédité des couleurs des fleurs de colza, sauf de la couleur blanc crème, et a conclu à l'existence de deux gènes ayant chacun deux allèles dont l'un est entièrement dominant sur l'autre. Les quatre génotypes homozygotes correspondraient ainsi aux couleurs suivantes :

AA BB : jaune normal.
AA bb : jaune orangé foncé.
aa BB : jaune clair.
aa bb : blanc crème.

Les écarts assez importants entre les disjonctions théoriques et observées, surtout dans les descendances où il trouvait les quatre phénotypes, étaient attribuées par l'auteur aux difficultés de classification.

Nous avons étudié un certain nombre de croisements entre des lignées de différentes couleurs tirées des variétés commerciales ou de populations de pays, ce qui nous a permis de vérifier l'hypothèse bifactorielle de SYLVÉN et d'expliquer l'hérédité de la couleur blanc crème.

I. — Vérification de l'hypothèse bifactorielle de Sylvén.

Les disjonctions observées en 1957 et en 1958 dans les F_2 de croisements faisant intervenir les couleurs de fleurs étudiées par SYLVÉN sont récapitulées dans le tableau I. Elles confirment l'hypothèse de deux gènes proposée par cet auteur.

TABLEAU I

F_2 couleurs de fleurs 1957 et 1958. Hypothèse de SYLVEN.

Croisements	Couleur de F_1	Disjonctions F_2 JN	JC	JOF	JOC	Total	χ^2	Pté
57-1 : Hambourg a × Slapy JC JN	JN	96	32			128	0	
58-1 : — — JC JN	JN	281	96			377	0,043	0,80-0,90
57-1 + 58-1		377	128			505	0,032	0,80-0,90
58-2 : Lembke 4-1 × Hambourg b JOF JOC	JOF			354	125	479	0,201	0,50-0,70
57-2 : Hambourg b × Lembke 5-6 JOC JN	JN	97	23	27	14	161	4,051	0,20-0,30
58-3 : — — JOC JN	JN	212	70	54	15	351	5,625	0,10-0,20
58-4 : Lembke 5-6 × Hambourg b	JN	183	62	59	30	334	4,325	0,20-0,30
57-2 + 58-3 + 58-4		492	155	140	59	846	3,530	0,30-0,50
57-3 : Hambourg a × Lembke 4-1 JC JOC	JN	90	25	24	10	149	1,373	0,70-0,80

JN = jaune normal, JC = jaune clair, JOF = jaune orangé foncé, JOC = jaune orangé clair.

Les croisements jaune clair × jaune normal et jaune orangé foncé × jaune orangé clair mettent en jeu chacun des gènes ; les F_2 des croisements jaune orangé clair × jaune normal et jaune clair × jaune orangé foncé présentent des disjonctions bifactorielles classiques.

II. — Hérédité de la couleur blanc crème.

Étude de diverses F_2 : intervention d'un troisième gène.

Pour étudier l'hérédité de la couleur blanc crème, des lignées ayant des fleurs de cette couleur ont été croisées avec toutes les autres couleurs. Les résultats des disjonctions observées en F_2 sont indiqués dans le tableau II.

L'ensemble des résultats peut s'expliquer en faisant intervenir un troisième gène dont un allèle *C* serait partiellement dominant sur l'autre *c*, la couleur blanc crème des pétales étant due au récessif *cc*, en l'absence ce l'allèle dominant *A* au premier locus. Cette hypothèse tient compte des disjonctions observées dans chaque type de croisement.

Croisements jaune clair × blanc crème : La F_1 de ce croisement montre qu'il y a dominance incomplète, l'hétérozygote étant intermédiaire entre les deux couleurs parentales.

Croisements blanc crème × Jaune normal : Pour les F_2 de ces croisements, les disjonctions sont du type :

12 jaune normal.
1 jaune clair.
2 jaune clair-blanc.
1 blanc crème.

La couleur blanc crème correspond donc au double récessif *aa cc* et l'allèle *c* est sans action en présence de *A*. Les plantes qui ont cet allèle dominant au premier locus sont à fleurs jaune normal quel que soit l'allèle présent au locus *C*.

Croisements jaune orangé clair × blanc crème : Ces croisements ont des F_1 semblables aux croisements jaune clair × blanc et dans les F_2 on retrouve, en plus des couleurs parentales, des plantes à pétales jaune clair et intermédiaires jaune clair-blanc. Les disjonctions sont du type suivant :

3 jaune clair.
6 jaune clair-blanc crème.
3 jaune orangé clair.
4 blanc crème.

TABLEAU II

Croisements blanc-crème × autres couleurs — Disjonctions F_2.

Croisements	Couleur de la F_1	Disjonctions F_2							χ^2	Pté
		JN	JOF	JC	JC/Bl.	JOC	Bl.	Total		
57-4 : Hambourg a × Ste-Cécile JC Bl.	JC/Bl.			33	57		30	120	0,450	0,70-0,80
57-5 : Ste-Cécile × Slapy Bl. JN	JN	74		7	11		7	99	0,365	0,90-0,95
57-6 : Slapy × Ste-Cécile	JN	253		30	52		23	358	4,342	0,20-0,30
58-5 : Ste-Cécile × Slapy	JN	477		42	80		44	643	0,493	0,90-0,95
57-5 + 57-6 + 58-5		804		79	143		74	1 100	2,709	0,30-0,50
57-7 : Hambourg b × Ille-et-Vilaine ... JOC Bl.	JC/Bl.			38	63	38	34	173	3,942	0,20-0,30
57-8 : Ste-Cécile × Hambourg b Bl. JOC	JC/Bl.			10	26	15	17	68	1,00	0,80-0,90
58-6 : Hambourg b × Ille-et-Vilaine ...	JC/Bl.			96	164	59	74	393	12,840	0,01
58-7 : Ste-Cécile × Hambourg b	JC/Bl.			57	150	88	104	399	6,568	0,05-0,10
57-7 + 57-8 + 58-6 + 58-7 ...				201	403	200	229	1 033	4,426	0,20-0,30
58-8 : Lembke 4-1 × Hambourg c JOF Bl.	JN	186	57	17	31	11	10	312	6,752	0,30-0,50

JN = Jaune normal, JOF = Jaune orangé foncé, JC = Jaune clair.
JC/Bl. = Intermédiaire Jaune clair-Blanc, JOC = Jaune orangé clair, Bl. = Blanc crème.

Elles s'expliquent en admettant que le double récessif *aa cc* est à fleurs blanches quels que soient les allèles présents au locus *B*. Comme les mutants à fleurs jaune orangé clair et à fleurs blanches sont assez rares dans les variétés à fleurs jaune clair, la probabilité qu'une plante dont les pétales sont blanc crème possède en même temps l'allèle récessif *b* est très faible et les lignées à pétales blancs utilisées comme parents dans les croisements possédaient l'allèle dominant *B* qui se manifeste dans les F_2 en donnant des plantes à fleurs jaune clair en présence de *C*. Dans ces F_2, on trouve comme pour le caractère jaune clair, des intermédiaires entre jaune orangé clair et blanc correspondant au génotype hétérozygote *aa bb Cc* ; mais la distinction entre ceux-ci et les plantes à fleurs jaune orangé clair homozygotes est beaucoup moins facile et nous avons groupé ces deux catégories dans nos comptages.

Croisements jaune orangé foncé × blanc crème : Nous pouvions donc, d'après les résultats des F_2 étudiées en 1957 et qui comprenaient les trois types de croisements précédents, schématiser ainsi l'action des trois gènes en jeu :

A *C* ou *c* { *B* jaune normal.
{ *b* jaune orangé foncé.

a { *C* { *B* jaune clair.
{ *b* jaune orangé clair.
{ *c* *B* ou *b* blanc crème.

La F_2, observée en 1958, d'un croisement jaune orangé foncé × blanc crème qui devait faire intervenir les trois gènes, a confirmé cette hypothèse (tableau II). Nous y avons en effet retrouvé tous les phénotypes avec la disjonction suivante :

36 jaune normal.
12 jaune orangé foncé.
3 jaune clair.
6 jaune clair-blanc crème.
3 jaune orangé clair.
4 blanc crème.

Existence de plusieurs génotypes pour les plantes à fleurs blanc crème.

Nous avons vu que les plantes à fleurs blanches utilisées comme parents avaient toutes le génotype *aa BB cc*. Mais, dans la F_2 des croisements blanc × jaune orangé clair, il doit exister trois catégories de plantes à pétales blanc crème : *aa BB cc*, *aa Bb cc* et *aa bb cc*. Pour vérifier la présence de ces trois génotypes, un certain nombre de plantes à fleurs blanches trouvées dans ces F_2 en 1957 ont été croisées d'une part avec

des plantes homozygotes jaune orangé clair (lignée *Hambourg* b), d'autre part avec des plantes F_1 du croisement jaune orangé foncé × blanc, qui devaient être hétérozygotes pour les trois gènes, ce que la F_2 nous a confirmé. Suivant le génotype des plantes à fleurs blanches, nous devions avoir dans la descendance des croisements avec jaune orangé clair (*aa bb CC*) les couleurs de fleurs suivantes :

Génotype "Blanc crème"	Couleur de la descendance
aa BB CC	Tout intermédiaire JC-Bl (aa Bb Cc)
aa Bb cc	1/2 intermédiaire JC-Bl (aa Bb Cc) 1/2 intermédiaire JOC-Bl (aa bb Cc)
aa bb cc	Tout intermédiaire JOC-Bl (aa bb Cc)

Les croisements avec le triple hétérozygote devaient donner les disjonctions suivantes :

Génotype "Blanc crème"	Disjonction					
	J. N.	J. O. F.	JC/Bl	JOC/Bl	Bl.	Total
aa BB cc	4		2		2	8
aa Bb cc	6	2	3	1	4	16
aa bb cc	2	2	1	1	2	8

La composition observée en 1958 des descendances de ces deux types de croisements est indiquée dans le tableau III, avec les génotypes que l'on peut en déduire pour les plantes à pétales blancs ainsi testées et les χ^2 correspondants.

Malgré certaines valeurs de χ^2 assez fortes et les effectifs réduits des descendances observées puisqu'il s'agit de F_1, les disjonctions montrent que les plantes à fleurs blanches appartenaient à deux catégories correspondant aux génotypes *aa Bb cc* (4 plantes) et *aa BB cc* (5 plantes). Aucune plante n'était homozygote pour les allèles récessifs des trois gènes. On ne peut se baser sur ces quelques résultats pour affirmer que ce génotype n'existe pas. Cependant on peut remarquer que les valeurs élevées de χ^2 obtenues pour certains croisements jaune orangé clair × blanc crème peuvent être attribuées à un déficit dans la catégorie des plantes à fleurs blanches. Il peut s'agir d'écarts simplement dus aux difficultés de classification pour des phénotypes dont les couleurs sont assez voisines ; il est en particulier possible que des plantes à pétales blanc crème, jugées sur des fleurs jeunes, aient été classées dans d'autres catégories. Mais on peut aussi envisager l'hypothèse d'une viabilité réduite du triple homozygote récessif et éventuellement, dans une moindre mesure, du génotype *aa Bb cc* comme semble l'indiquer l'ensemble des résultats des croisements avec des plantes jaune orangé clair, des plantes à fleurs

TABLEAU III

Détermination du génotype des plantes à fleurs blanches prises dans les F_2 : 57-7 (JOC × Bl.) et 57-8 (Bl. × JOC).

Croisements	Composition de la descendance						Génotype Blanc	χ^2	Pté
	JN	JOF	JC/Bl.	JOC/Bl.	Bl.	Total			
57-7 B_1 × JOC × F_1 (JOF × Bl.)	7	7	28 6	27 3	8	55 31	aa Bb cc	0,182 6,740	0,50-0,70 0,10-0,20
57-7 B_3 × JOC × F_1 (JOF × Bl.)	36	4	43 26	28 5	18	71 89	aa Bb cc	3,170 10,795	0,05-0,10 0,02-0,05
57-7 B_6 × F_1 (JOF × Bl.)	18		12		4	34	aa BB cc	4,411	0,10-0,20
57-7 B_8 × F_1 (JOF × Bl.)	57		22		18	97	aa BB cc	3,310	0,10-0,20
57-7 B_9 × JOC			tout JC/Bl.				aa BB cc		
57-7 B_{11} × JOC × F_1 (JOF × Bl.)	20		tout JC/Bl. 14		10	44	aa BB cc	1,091	0,50-0,70
57-7 B_{13} × JOC × F_1 (JOF × Bl.)	64		tout JC/Bl. 31		24	119	aa BB cc	1, 976	0,30-0,50
57-8 B_2 × JOC × F_1 (JOF × Bl.)	42	7	44 21	38 5	16	82 91	aa Bb cc	0,440 6,492	0,50-0,70 0,10-0,20
57-8 B_3 × JOC			52	36		88	aa Bb cc	2,910	0,05-0,10

blanches prises dans les F_2 et dont le génotype était *aa Bb cc*. Si l'on totalise ces croisements, on trouve 167 JC/Bl et 129 JOC/Bl et le χ^2, calculé pour une disjonction théorique 1/1, correspond à une probabilité inférieure à 0,05 ($\chi^2 = 4{,}878$). Divers croisements et back-crosses ont été effectués pour déterminer la cause de ces écarts.

Malgré les déficits observés pour certains phénotypes dans quelques croisements, l'hypothèse envisagée qui fait intervenir trois gènes conditionnant la couleur des pétales du colza rend compte de façon satisfaisante de l'ensemble des résultats obtenus dans les divers types de croisements étudiés.

III. — La couleur des fleurs chez les autres espèces du genre Brassica.

L'hérédité de la couleur des pétales a été étudiée chez différentes espèces du genre *Brassica*. ALAM et MUHAMMAD (1956) font intervenir deux facteurs pour expliquer la couleur des fleurs de *Brassica campestris* L. var. *sarson*, cultivé comme oléagineux en Inde et en Pakistan. Ces deux gènes Y_1 et Y_2 agiraient de la façon suivante :

$Y_1\ Y_1\ Y_2\ Y_2$: jaune

$Y_1\ Y_1\ y_2\ y_2$: jaune clair

$y_1\ y_1$: blanc.

VON GEE SUN (1956) cite des croisements entre des types à fleurs blanches trouvés dans diverses variétés de *Brassica chinensis* Jusl. et des plantes à fleurs jaunes. Les disjonctions semblent monofactorielles (3 jaunes pour 1 blanc) bien que l'auteur ne donne pas de chiffres précis ; mais, comme il signale que l'on peut faire plusieurs catégories dans les plantes à fleurs jaunes, les résultats devraient aussi pouvoir s'expliquer par deux gènes. *Brassica chinensis* est en réalité une sous-espèce de *Brassica campestris* comme l'a montré OLSSON (1954) qui l'a appelé *Brassica campestris* L. ssp. *chinensis*, le « *Sarson* » à graines jaunes devenant *Brassica campestris* L. ssp. *trilocularis*. Les gènes Y_1 et Y_2 qui déterminent les couleurs des pétales de *B. campestris* n'ont pas le même mode d'action que les gènes *A* et *C* qui expliquent les mêmes couleurs chez *B. napus*. Pour le colza, seul le double récessif est blanc alors que pour *B. campestris* l'allèle dominant Y_2 ne donne pas de coloration en l'absence de l'allèle dominant Y_1 au premier locus.

Chez *Brassica juncea* Coss., des croisements entre plantes à fleurs jaunes et plantes à fleurs blanches ont montré à SUN (1945) que la couleur des pétales était due à deux gènes appelés aussi Y_1 et Y_2 et qui agissent exactement comme les gènes *A* et *C* du colza :

$Y_1\ Y_1$: jaune.

$y_1\ y_1\ Y_2\ Y_2$: jaune clair.

$y_1\ y_1\ y_2\ y_2$: blanc.

La disjonction observée par Von Gee Sun (1946) dans la F_2 d'un croisement entre une plante de *Brassica juncea* var. *gracilis* à fleurs blanches et une plante à fleurs jaunes (12 J N, 3 J C, 1 Bl) s'explique parfaitement avec ces deux gènes.

Chez le chou, *Brassica oleracea* L., Pearson (1929) et Kakizaki (1930) ont signalé un gène dominant *Wh* responsable de la couleur blanche des pétales ; Anstey et Moore (1954) ont établi que la couleur crème des fleurs était due à un gène récessif *cr*. Les pétales deviennent blancs après quelques heures d'exposition au soleil. La couleur jaune des fleurs du chou est très voisine de celle que nous avons appelée jaune clair pour les pétales du colza.

Chez les espèces d'origine amphidiploïde, *Brassica napus* L. et *Brassica juncea* Coss., les couleurs communes de fleurs qui ont été étudiées semblent être dues aux mêmes gènes qui se trouvent aussi chez l'espèce qui constitue le parent commun des deux amphidiploïdes, *Brassica campestris* L. où cependant ils présenteraient des relations épistatiques différentes d'après les résultats de Alam et Muhammad. La couleur blanc crème des pétales existe aussi chez l'autre espèce parente du colza, *Brassica oleracea* L. Il pourrait donc y avoir dans l'espèce *Brassica napus* au moins deux gènes récessifs provoquant la couleur blanche des pétales. Les trois lignées à fleurs blanches que nous avons utilisées dans des croisements (*Ille et Vilaine, Sainte-Cécile, Hambourg* c) possèdent cependant le même gène récessif c comme le montrent les résultats des croisements effectués pour déterminer les génotypes de plantes à fleurs blanches. Celles-ci ont été prises dans les F_2 *Hambourg b* × *Ille et Vilaine* et *Sainte-Cécile* × *Hambourg b*, et croisées avec la F_1 d'un croisement *Lembke* 4-1 × *Hambourg c*.

IV. — Couleur des pétales et études de biologie florale.

Les caractères de couleur des pétales ont été utilisés par les différents auteurs qui ont étudié la biologie florale du colza. Les déterminations du pourcentage de fécondation croisée dans les conditions naturelles ont été faites en étudiant la descendance de plantes possédant un caractère récessif trouvées dans des parcelles présentant le caractère dominant. Le caractère récessif utilisé a été dans tous les cas la couleur jaune orangé foncé des pétales. Sylvén (1927), Olsson (1952), Rives (1957) ont établi avec cette méthode des pourcentages de fécondation croisée variant de 20 p. 100 à 35 p. 100. Or, Bateman (1951) a montré que les abeilles qui sont si nombreuses sur le colza en fleurs et qu'on pourrait rendre responsables d'une partie des fécondations croisées, ne pollinisent pas les plantes au hasard mais opèrent, au moins au cours de chaque sortie, une discrimination très nette, surtout entre espèces mais aussi entre

variétés différentes de la même espèce. Ainsi, une abeille ayant le choix entre un nombre égal de plantes réparties au hasard, de deux variétés de rutabaga (*B. napus* L. var. *rapifera*) différentes par la couleur des racines et la couleur des pétales, pollinisera deux à trois fois plus souvent une plante de la variété qu'elle vient de quitter qu'une plante de l'autre variété.

PERSSON (1956) a trouvé sensiblement les mêmes pourcentages de fécondation croisée sur des plantes pouvant être visitées par les abeilles et sur des plantes placées sous des cages ne laissant pas passer celles-ci. OLSSON et PERSSON (1958) indiquent que la fréquence des abeilles sur les parcelles de colza n'a pas beaucoup d'influence sur la proportion de fécondation croisée. Ces résultats montreraient que le vent joue le rôle principal dans la pollinisation croisée et que les abeilles n'auraient contrairement à l'apparence qu'un rôle restreint. Ils peuvent aussi indiquer que l'étude des descendances de plantes à couleur de fleurs récessive permet de mesurer principalement le rôle du vent et beaucoup moins l'action des abeilles dans la mesure où elle s'exerce à l'intérieur de chaque couleur de fleurs. Comme la couleur des fleurs est pratiquement le seul caractère utilisable pour ces études de biologie florale du colza, il serait intéressant de vérifier la valeur générale des résultats obtenus avec la seule couleur des pétales jaune orangé foncé, en étudiant la descendance de plantes récessives et de plantes hétérozygotes pour chacun des trois gènes conditionnant la couleur des fleurs, isolées dans des parcelles présentant les caractères dominants correspondants. Les phénotypes des hétérozygotes étant les mêmes que ceux des plantes dominantes environnantes ne doivent pas intervenir pour le choix des abeilles et une estimée valable du pourcentage de fécondation croisée doit être fournie par les écarts avec les disjonctions 3/1 dans les descendances de ces plantes.

Résumé.

Les résultats de divers croisements effectués pour étudier l'hérédité de la couleur des fleurs du colza (*Brassica napus L.* var. *oleifera*) peuvent s'expliquer par l'intervention de trois gènes. Les gènes A et B de SYLVÉN déterminent quatre des couleurs de pétales : jaune normal AB, jaune orangé foncé Ab, jaune clair aB et jaune orangé clair ab. Un troisième gène récessif c est responsable de la couleur blanc crème. Il est sans action en présence de l'allèle dominant A au premier locus et le double homozygote récessif $aa\ cc$ est à fleurs blanches quels que soient les allèles présents au locus B.

L'hérédité de la couleur des fleurs du colza est comparée à ce qui est connu chez les autres espèces du genre *Brassica*. Comme chez *Brassica napus* L., il semble exister chez *Brassica juncea* Coss., et chez *Brassica*

campestris L., les trois espèces ayant en commun le génome de la dernière, les mêmes gènes, au moins pour les couleurs communes qui ont été étudiées. Chez *Brassica oleracea* L., il a été signalé un gène dominant et un gène récessif provoquant la couleur blanche des pétales. Il pourrait donc exister, au moins pour cette couleur, plusieurs facteurs chez *Brassica napus* L. Cependant, les quelques lignées à fleurs blanches utilisées dans notre étude possédaient le même gène récessif *c*.

Reçu pour publication le 9 février 1960.

SUMMARY

Inheritance of flower colour in rape, Brassica napus L. var. oleifera Metzger.

The results of various crosses made in order to study the inheritance of flower colour in rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) may be explained by the presence of three genes. The genes *A* and *B* of Sylven determine four petal colours : normal yellow *AB*, dark orange yellow *Ab*, pale yellow *aB*, and pale orange yellow *ab*. A third recessive gene *c* is accountable for the cream-white colour. It is without any action when it is present together with the dominant allele *A* at the first locus, and the double recessive homozygous *aacc* has white flowers, whatever may be the alleles present at the locus *B*.

The inheritance of flower colour in rape is compared to what is known in the other species of the genus *Brassica*. *Brassica napus* L., as well as *Brassica juncea* Coss. and *Brassica campestris* L., the three species all having in common the genome of the latter, seem to carry the same genes, at least for the same studied colours. In *Brassica oleracea* L., the presence of a dominant gene and of a recessive gene responsible for the white colour of petals, has been reported. Several factors in *Brassica napus* L. could exist, at least for this colour. However, the few white-flowered lines used in our study carried the same recessive gene *c*.

ZUSAMMENFASSUNG

Erblichkeit der Blütenfarbe bei Raps (Brassica napus L. var. oleifera Metzger).

Die Ergebnisse verschiedener Kreuzungen deren Ziel das Studium der Erblichkeit der Blütenfarbe bei Raps (*Brassica napus* L. var. oleifera) war, können durch die Einwirkung von 3 Genen erklärt werden. Die Gene *A* und *B* von Sylven bestimmen 4 verschiedene Blütenblätterfarben : normal Gelb *AB*, dunkles Orangegelb *Ab*, Hellgelb *aB* und helles Orangegelb *ab*. Ein drittes rezessives Gen *c* ist für die Farbe Elfenbeinweiss verantwortlich. In Anwesenheit des dominanten Allels *A* am ersten Locus ist dieses Gen ohne Wirkung und die doppelrezessiv-homozygote *aacc* Pflanze besitzt weisse Blüten welche Allele sich auch am Locus *B* befinden mögen.

Die Erblichkeit der Blütenfarbe des Rapses wird mit dem was in dieser Hinsicht bei den anderen Arten der Gattung Brassica bekannt ist verglichen. Es scheint dass bei *Brassica juncea Coss.* und *Brassica campestris L.* dieselben

Gene (mindestens für die hier erwähnten und gemeinsamen Farben dieser Arten) wie bei *Brassica napus L.* vorhanden sind ; diese drei Arten besitzen übrigens gemeinsam das Genom von *Brassica compestris L.* Bei *Brassica oleracea L.* wurde ein dominantes und ein rezessives Gen welches die weisse Farbe der Blütenblätter verursacht signalisiert. Es wäre also, mindestens für diese Farbe, möglich dass mehrere Faktoren bei *Brassica napus L.* vorhanden wären. Die weissblütigen Linien die für diese Arbeit benützt worden sind besassen jedoch dasselbe rezessive Gen *c*.

Наследственность окраски цветов у рапса (*Brassica napus* L. var. *Oleifera* Metzger).

Ж. МОРИС.

РЕЗЮМЕ

Результаты различных скрещиваний, осуществленных с целью изучения наследственности окраски цветов у рапса (*Brassica napus* L. var. *Oleifera*) могут об·ясняться вмешательством трех генов. Гены *A* и *B* Sylven-a определяют четыре окраски венчика : желто-нормальный *AB*, желто-оранжевый темный *Ab* желто-светлый *aB* и желто-оранжевый светлый *ab*.

Третий рецессивный ген *c* вызывает бело-желтую окраску. Он неактивен в присутствии доминирующей алели *A* в первом локусе и двойной рецессивный гомозигот *aacc* имеет белые цветы, какие-бы ни были алели в локусе *B*.

Наследственность окраски цветов рапса сравнивается с известным о других видах *Brassica*. Как и у *Brassica napus* L., повидимому существуют у *Brassica juncea* Coss. и у *Brassica campestris* L., три вида имеющие общий геном последняго, те-же гены, по крайней мере для, общих для этих видов, изученных окрасок.

У *Brassica oleracea* L. был означен ген доминирующий и ген рецессивный вызывающий белую окраску венчика.

Несколько факторов могут существовать у *Brassica napus* L., по крайней мере, для этого цвета. Однако, несколько линий с белыми цветами, использованных в нашей работе, имели тот-же рецессивный ген *c*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alam (Z.) et Muhammad (A.). — Inheritance of flower colour in some self fertile oleiferous brassicae. *Proceed. of the Vth Pak. Sci. Conf.* 1953 Part. 3 (*in Plant Breed. Abst.*, **26**, 148, 1956.)

Anstey (T.) et Moore (J.). — Inheritance of glossy foliage and cream petals in green sprouting broccoli. *J. Hered.*, **45**, 39-41, 1954.

Bateman (A. J.). — The taxonomic discrimination of bees. *Heredity*, **5**, 271-278, 1951.

Kakizaki (Y.). — A dominant white flowered mutant of *Brassica oleracea* L. *Jap. J. Genet.*, **6**, 55-60, 1930.

Olsson (G.). — Undersökning av graden av korsbefruktning hos vitsenap och raps. *Sver. Utsädesför. T.*, **62**, 311-322, 1952.

Olsson (G.). — Crosses within the campestris group of the genus *Brassica*. *Hereditas*, **40**, 398-417, 1954.

OLSSON (G.) et PERSSON (B.). — Inkorningsgrad och Självsterilitet hös raps. *Sver. Utsädesför. T.*, **68**, 74-78, 1958.
PEARSON (O. H.). — A dominant white flower color in *Brassica oleracea L. Amer. Nat.*, **63**, 561-565, 1929.
PERSSON (B.). — Korsbefruktningens betydelse och omfattning hos raps (*Br. napus* L.) speciellt med auseende på binas insats. *Medd. Växtskyddsanst. Stockh.*, **70**, 1956.
RIVES (M.). — Études sur la sélection du colza d'hiver. *Ann. Amél. Plantes*, **1**, 61-107, 1957.
SCOTT-MONCRIEFF (R.). — A biochemical survey of some Mendelian factors for flower-colour. *J. Genet.*, **32**, 117-170, 1936.
SUN (P. C.). — Genetic studies in *Brassica juncea* Coss. I. Flower colour, leaf shape, seed colour and branching habit. *J. Agric. Ass. China.*, **50**, 12-13, 1945 (in *Plant Breed. Abst.*) **18**, 401, 1948.)
SUN (V. G.). — The evaluation of taxonomic characters of cultivated Brassica with a key to species and varieties. I. The characters. *Bull. of the Torrey Bot. Club*, **73**, 244-281, 1946.
SYLVEN (N.) — Kreuzungstudien beim Raps (*Brassica napus oleifera*). I. Blüten farben. *Hereditas*, **9**, 380-389, 1927.
SYLVEN (N.). — Om själv-och korsbefruktning hos rapsen. *Sver. Utsädesför. T.* **6**, 225-244, 1920.

LIAISON ENTRE PEUPLEMENT ET RENDEMENT EN GRAIN CHEZ LA FEVEROLE
(Vicia faba L)

PAR

J. PICARD et C. SIGWALT
Station d'Amélioration des Plantes, Dijon.

Les premiers résultats de l'expérimentation entreprise pour préciser quelques aspects techniques concernant la culture de la fèverole nous indiquèrent rapidement quel rôle important jouait le peuplement dans le rendement d'une culture. (PICARD 1953, PICARD, BERTHELEM et FELIX, 1955, PICARD et BERTHELEM 1957). Mais à l'origine le problème était mal posé et nos essais ne nous permettaient pas d'étudier avec quelque précision et de mesurer l'intensité de la liaison rendement-peuplement.

A partir de 1954, à Versailles d'abord, puis à Dijon, des essais ont été réalisés, dont le seul but était d'analyser l'action du peuplement sur le rendement de la culture. En 1955, un essai fut également réalisé dans le Nord, sur l'exploitation des Établissements Blondeau, à Bersée.

Sauf ce dernier dans lequel figurait en plus la variété *Ascott*, tous les essais dont il est fait mention ici étaient réalisés avec les deux variétés *Strube* et *Columba*, choisies en raison de leurs caractéristiques différentes (taille du grain, précocité, etc.) que traduit d'ailleurs le rendement relatif de *Columba* par rapport à *Strube* : 87,3 - 87,8 - 79,8 - 73,4 - 69,5 - 72,5 - 74,4 (les résultats sont énumérés dans l'ordre des essais du tableau I).

Pendant les trois années 1954, 1955 et 1956, chaque essai comportait trois causes contrôlées de variation : deux variétés, deux écartements entre les lignes (0,20 m et 0,40 m) et quatre densités (20, 40, 60, 80 plantes /m²). Puis l'écartement ne jouant qu'un rôle assez faible (rendement à 0,40 m = 93,4 - 92,75 - 93,9 - 98,8 p. 100 du rendement à 0,20 m) et surtout l'interaction écartement × densité étant toujours négligeable, les essais ultérieurs ne comportèrent plus l'étude de l'effet écartement des lignes.

Dès le début les résultats confirmaient nettement ce que nous avions enregistré précédemment : une augmentation du nombre de plantes par

unité de surface a pour conséquence un net accroissement de rendement (tableau I). Signalons que jamais, sauf en 1958, par suite d'une verse précoce de *Strube* aux fortes densités, verse qui n'atteignit pas *Columba*,

TABLEAU I

Densités théoriques Plantes/m2	Versailles 1954	Versailles 1955	Bersée 1955	Dijon 1956	Dijon 1957	Dijon 1958	Dijon 1959
20	81,55	92,45	87,6	85,4			
40	100	100	100	100	100	100	100
60	102,1	103,5	103,1	105,5			
80	106,45	113,4	105,7	108,1	97,7	109,9	112,3
120					88,5	99,6	107,75
160					79,8	78,55	99,3
P. P. D. S.	14,5	10,5	5,55	3,35	5,20	8,25	9,6
Rdt. correspondant à 100	32,6 qx/ha	28, 5	33,35	31,25	27,55	28,5	18,6

l'interaction variété × densité ne fut significative, soulignant ainsi l'identité de comportement des deux variétés. Le tableau II indique les peuplements réellement obtenus.

TABLEAU II

Densités théoriques Plantes/m²	Densités obtenues Plantes/m²					
	Versailles 1954	Versailles 1955	Dijon 1956	Dijon 1957	Dijon 1958	Dijon 1959
20	19,45	19,75	15,4			
40	40,4	37,55	29,6	35	39	36,75
60	59,7	53,1	45,1			
80	78,1	69,15	62,5	68,3	77,5	74,1
120				107,7	112,5	109
160				134,9	152,5	145,35

L'analyse de la liaison rendement (y) - peuplement (x) pour les quatre premiers essais montrait que, sauf pour l'essai Versailles 1955, la régression linéaire $y = a + b\ (x\text{-}\bar{x})$ laissait inexpliquée une fraction importante de la variation du rendement. Pour expliquer les résultats il fallait faire appel à d'autres types de régression et l'analyse de la variance des composants ne nous permettait pas de définir lequel était le plus probable des deux types de régression $y = a + b \log x$ ou $y = a + b_1\ (x\text{-}\bar{x}) + b_2\ (x\text{-}\bar{x})^2$.

Il fallut, dans ce but, réaliser des essais qui, utilisant des peuplements plus élevés, devaient nous montrer l'existence d'un maximum, l'impossibilité d'ajustement à une courbe $y = a + b \log x$ à partir d'un certain

peuplement et, par là, prouver que la courbe $y = f(x)$ est bien une parabole.

Le tableau III donne les équations de régression les plus probables pour chacun des essais. Les courbes correspondant à ces équations sont représentées sur la figure 1.

TABLEAU III

Essai	Equation de régression	Valeur de l'unité	Valeur de x pour y maximum
Versailles 1954..	$Y = 33{,}25 + 2{,}5\ (x - \bar{x}) - 1{,}15\ (x - \bar{x})^2$	20 plantes/m²	71,7 plantes/m²
— 1955..	$Y = 28{,}6 + 1{,}87\ (x - \bar{x})$	18,5 —	
Bersée — ..	$Y = 34{,}1 + 1{,}93\ (x - \bar{x}) - 0{,}825\ (x - \bar{x})^2$	20 —	73,4 —
Dijon 1956..	$Y = 32{,}4 + 2{,}30\ (x - \bar{x}) - 0{,}95\ (x - \bar{x})^2$	15,4 —	57,1 —
— 1957..	$Y = 25{,}2 - 1{,}915\ (x - \bar{x})$	34,5 —	
— 1958..	$Y = 30{,}4 - 2{,}12\ (x - \bar{x}) - 2{,}2\ (x - \bar{x})^2$	38 —	76,7 —
— 1959..	$Y = 20{,}7 - 0{,}15\ (x - \bar{x}) - 0{,}975\ (x - \bar{x})^2$	36,5 —	88,5 —

Les densités obtenues dans la pratique ne correspondent pas toujours de façon satisfaisante, en valeur absolue, aux densités théoriques mais s'ajustent toujours avec une précision suffisante aux proportions 1, 2, 3, 4. Le calcul des équations de régression a été effectué en utilisant ces valeurs simples. La troisième colonne du tableau III donne la valeur de l'unité et permet de calculer la valeur de x qui rend y maximum (quatrième colonne). Les valeurs de y sont données en quintaux par hectare.

Sur sept équations, cinq seulement correspondent à des courbes du second degré dont la concavité est tournée vers les ordonnées négatives, mais des observations complémentaires de celles du rendement permettent de dire qu'en absence d'accidents de végétation, la courbe $y = f(x)$ est bien une parabole.

En 1957 en effet, une verse très précoce provoquée au début de la floraison de *Strube*, le 3 juin, par un violent orage, a atteint très fortement les parcelles semées aux fortes densités et modifié complètement les résultats. Les moyennes des notes de verse données à l'issue de cet orage ont été de 0,1-1-4-4,5 respectivement pour les parcelles à 40, 80, 120 et 160 plantes par mètre carré (0 = parcelles indemnes, 5 = verse complète).

Pour l'essai 1955 aucun accident n'explique l'ajustement à une droite mais le peuplement le plus élevé (70 plantes/m²) était peut-être trop loin de celui qui aurait rendu y maximum pour pouvoir, à l'aide de quatre valeurs, différencier une droite d'une parabole.

D'une façon générale et indépendamment de facteurs comme l'écartement entre les lignes, indépendamment des variétés, et dans la mesure où la culture ne subit pas d'accidents, le rendement d'une culture de

féveroles de printemps est lié au peuplement par une équation du second degré.

Partant de zéro, le rendement augmente donc très rapidement

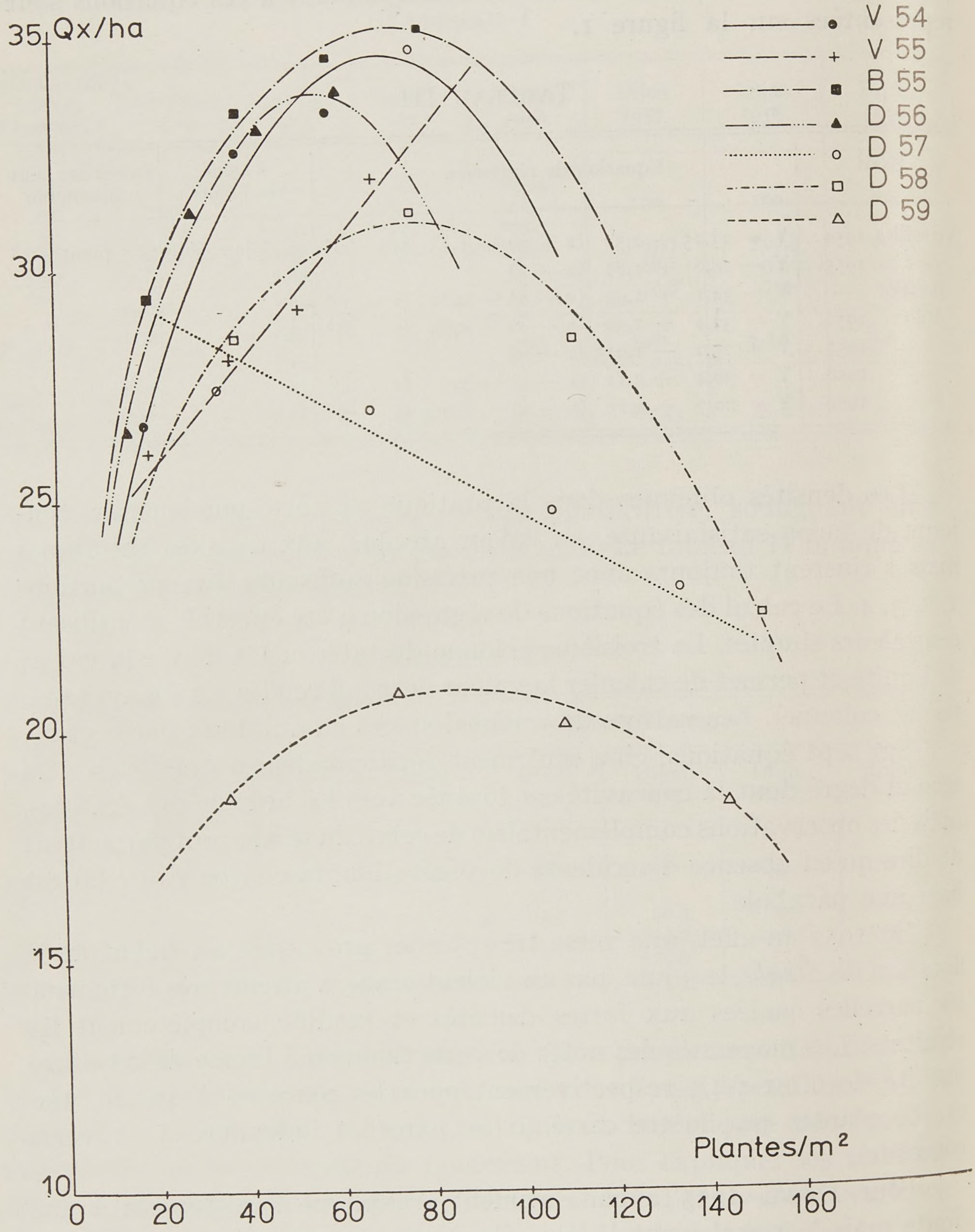


Fig. 1.

d'abord puis plus lentement pour atteindre un maximum qui s'obtient pour des valeurs de x variables avec les années et qui, dans nos essais, ont oscillé pratiquement entre 60 et 90 plantes par mètre carré, pour des rendements qui ont varié de 20 à 35 quintaux par hectare.

On est donc assuré d'obtenir un gain de rendement quand la densité augmente jusqu'au maximum de y c'est-à-dire, en moyenne, jusqu'à 70-75 plantes par mètre carré, mais sur le plan pratique il faut distinguer entre maximum et optimum. En effet l'optimum peut se définir comme la valeur au-delà de laquelle tout accroissement de la quantité de semences utilisées n'entraîne plus une augmentation de rendement supérieure à cette quantité. On doit, dès lors, ne plus parler en plantes par mètre carré mais en kilogs de semences par hectare et on ne peut plus confondre les variétés car 10 plantes/m² correspondent à 40 kg/ha pour *Columba* et à 65 kg/ha pour *Strube*.

Nos résultats montrent, et cela apparaît sur la figure1, que toute augmentation de peuplement comprise entre 20 et 40 plantes/m² est rentable et que la zone critique se situe entre 40 et 60 plantes/m². On peut dire, semble-t-il, qu'un bon peuplement se trouve aux environs de 45 plantes/m² pour une variété à gros grain et de 50-55 plantes/m² pour une variété à petit grain.

Résumé et conclusion

En l'absence d'accidents d'ordre climatique ou parasitaire, le rendement d'une culture de féverole est lié au peuplement par une relation du second degré $y = a + b_1 (x\text{-}\bar{x}) + b_2 (x\text{-}\bar{x})^2$ dans laquelle le coefficient b_2 est négatif, imposant à la parabole une concavité tournée vers les ordonnées négatives.

Il est important de noter que : l'écartement des lignes n'a pratiquement aucune action sur cette relation (interaction densité × écartement négligeable) ;

la relation semble vraie quelle que soit la variété (interaction variété × densité négligeable dans nos essais).

Toutefois il faut se garder dans la pratique agricole de confondre le maximum de la courbe $y = f(x)$ et l'optimum de rentabilité du peuplement.

Reçu pour publication en mars 1960.

SUMMARY

Connection between plant population and grain-yield in horsebean.

When there is no damage due to climatic conditions or to parasites, the yield of a horsebean culture is connected with the plant population by a quadratic equation : $y = a + b_1 (x\text{-}\bar{x}) + b_2 (x\text{-}x)_2$, in which the coefficient b^2 is negative, which gives to the curve a concavity orientated towards the negative Y-axis.

It is important to note that : row-spacing has no practical action upon this equation (interaction population × spacing being unimportant).

: the equation seems to be true whatever the variety may be (interaction variety × population being unimportant in our trials).

However, one must take care, in the agricultural practice, not to confuse the maximum of the curve $y = f(x)$, and the optimum of rentability of plant population.

ZUSAMMENFASSUNG

Beziehung zwischen Pflanzendichte und Körnerertrag bei der Ackerbohne.

In Abwesenheit von klimatischen oder von Schmarotzerschäden besteht zwischen dem Ertrag einer Ackerbohnenkultur und der Pflanzendichte die Beziehung 2. Grades $y = a + b1\ (x\text{-}\bar{x}) + b2\ (x\text{-}\bar{x})^2$ in welcher der Koeffizient b^2 négativ ist sodass die Hohlrundung der Parabel gegen die negativen Ordinaten gerichtet ist.

Dabei ist es wichtig folgendes zu bemerken :

— Der Linienabstand besitzt auf diese Beziehung keine Einwirkung (Wechselwirkung Dichte × Abstand unbedeutend).

— Die Beziehung scheint bei allen Sorten zu bestehen (Wechselwirkung Sorte × Dichte in den durchgeführten Versuchen unbedeutend).

In der landwirtschaftlichen Praxis darf man aber das Maximum der Kurve $y = f(x)$ nicht mit dem Rentabilitätsoptimum der Pflanzendichte verwechseln.

Связь между плотностью стояния и урожаем зерен у конских бобов.

Ж. ПИКАР и К. СИГВАЛЬТ.

РЕЗЮМЕ

В отсутствии поражений климатическаго порядка или-же паризитов, урожай зерна культуры конских бобов связан с плотностью стояния уравнением второй степени :

$$y = a + b_1\ (x - \bar{x}) + b_2\ (x - x)^2$$

в котором коэфициент b_2 отрицательный придающий пароболле вогнутость обращенную к отрицательным ордонатам.

Важно отметить что : отдаленность рядов, практически, не имеет никакого действия в этом уравнении (взаимодействие : плотность × отдаленность рядов является незначительным).

Уравнение кажется действительным при каком угодно сорте (взаимодействие : сорт × плотность посева, незначительное в наших опытах).

Однако, нельзя, в сельско-хозяйственной практике, смешивать максимум кривой $y = f(x)$ и оптимум выгоды плотности стояния.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

PICARD (J.). — Recherches sur la fèverole. *Annales Amél. des Plantes*, **1**, 57-106, 1953.

PICARD (J.), BERTHELEM (P.) et FELIX (L.). — La culture de la fèverole grain. Quelques données d'expérimentation réalisée en 1952, 1953 et 1954 dans la moitié Nord de la France. *Annales Amél. des Plantes*, **1**, 79-102, 1955.

PICARD (J.) et BERTHELEM (P.). — La fèverole. *Annales. Amél. des Plantes*, **3**, 287-311, 1957.

ASPECTS DES VARIATIONS DE LA COMPOSITION DE QUELQUES FOURRAGES EN FONCTION DES ESPÈCES, DES STADES DE VÉGÉTATION, DES CONDITIONS DE SOL ET DE FERTILISATION

PAR

M. KERGUELEN

Laboratoire des Plantes fourragères, Rouen

PLAN DU MÉMOIRE

I. — **Introduction.**

II. — **Matériel d'étude.**

III. — **Techniques analytiques.**

1° **Analyse de la fraction organique.**
2° **Analyse minérale.**

IV. — **Résultats et discussion.**

1° Les variations des constituants de la matière organique :
a) Graminées fourragères pérennes.
b) Autres Graminées pérennes. Légumineuses pérennes. Plantes diverses.
c) Tournesols. Topinambours. (en vert).
d) Choux fourragers.

2° Les variations de la composition minérale :
A. Variations selon les espèces, les souches et les stades de végétation.
a) Graminées fourragères pérennes.
Considérations théoriques.
Étude de quelques variations observées.
b) Légumineuses, espèces prairiales diverses.
c) Tournesols. Topinambours. (en vert).
d) Choux fourragers.
e) Fourrages verts divers. Racines et tubercules.

B. Variations des matières minérales liées aux conditions de sol et de fertilisation.
a) Considérations générales.
b) Étude de quelques variations observées.
C. Matières minérales et alimentation animale.

V. — Conclusions générales.

Résumé.

Bibliographie.

I. — INTRODUCTION

I. — ÉTAT ACTUEL DE NOS CONNAISSANCES SUR LA COMPOSITION DES FOURRAGES

Le développement de la production fourragère rend nécessaire une connaissance plus complète des plantes utilisées pour l'alimentation du bétail, non seulement quant à leurs aptitudes culturales, mais aussi quant à leur composition alimentaire.

Sur ce dernier point, nous disposons d'une documentation importante, mais assez dispersée : en effet, dans leurs tables d'alimentation, les zootechniciens ont regroupé un nombre considérable de dosages, mais sans se préoccuper toujours suffisamment des conditions de prélèvement, des stades de développement ou cycles de végétation, des particularités culturales et climatiques qui ont influencé la croissance.

Les compositions que l'on trouve dans les tables sont souvent les moyennes d'un nombre variable d'analyses.

a) Les tables d'alimentation

Les tables en usage ont été établies à la suite de dosages effectués par des Zootechniciens. Classiquement, elles donnent : la teneur en matière sèche, en protéine brute (ou matières azotées totales), en matières grasses, en cellulose brute, en matières minérales, en extractifs non azotés (calculés par différence).

Ces tables ont pour principal objectif de préciser la valeur énergétique, exprimée en Unités Fourragères, valeur calculée d'après des coefficients de digestibilité donnés pour les divers fourrages.

Elles donnent parfois la composition minérale détaillée.

Nous remercions les chimistes de notre Laboratoire pour leur collaboration analytique, en particulier Mlle E. DUVAL et M. E. MARNE.

Nous remercions également nos collègues de la Station Agronomique de Rouen, M. HANGARD et Mlle M. Th. LE CACHEUX qui ont contribué aux mises au point indispensables des méthodes d'analyse.

Lorsque l'on cherche à utiliser les tables d'alimentation — H. ZWAENEPOEL ((83), A. M. LEROY, F. B. MORRISON (58) — ou les compilations comme celle de B. H. SCHNEIDER (69) on est vite conduit à reconnaître que, d'une part leur documentation est insuffisante en ce qui concerne les Graminées de nos prairies, et que, d'autre part, elles ne donnent que des moyennes, sans précision aucune sur les stades de végétation des fourrages.

Cependant, un certain nombre de déterminations déjà anciennes, dues en particulier à R. G. STAPLEDON (72), à. T. W. FAGAN (31) avaient permis d'évaluer les variations importantes que l'on constate dans la composition de diverses graminées prélevées selon un rythme variable de fauches.

D'autres travaux plus récents ont précisé quelques aspects de l'évolution de la composition des plantes fourragères selon les stades de développement et les cycles de végétation : DIJKSTRA, HOMB, G. FAUCONNEAU et R. JARRIGE (34), L. GUEGUEN (37).

b) Données biochimiques et stades de végétation.

Pour que l'analyse fourragère rejoigne dans une certaine mesure l'étude physiologique, il semble difficile de se contenter des déterminations classiques qui font une part trop importante, de l'ordre de 50 p. 100, aux éléments indosés de l'extractif non azoté.

Les séparations préconisées par G. FAUCONNEAU et R. JARRIGE (34) nous apparaissent intéressantes en ce qu'elles distinguent les substances protoplasmiques — matières azotées et glucides solubles, et les substances membranaires — cellulose, hémicelluloses, lignine.

L'analyse minérale que nous avons fait porter sur Ca, Mg, K, Na, P, SiO_2, Mn, Cu présente un intérêt direct, mais elle est également susceptible d'interprétations physiologiques.

Beaucoup de variations sont en relation, nous le verrons, avec les modifications du rapport $\frac{\text{Feuilles}}{\text{tiges}}$ au cours des cycles reproductifs des graminées : la composition de ces organes est très différente et G. FAUCONNEAU et R. JARRIGE (34), pour la fraction organique, L. GUEGUEN pour la fraction minérale donnent des analyses détaillées pour quelques Graminées.

II. — OBJET DE LA PRÉSENTE ÉTUDE

Les considérations précédentes ont orienté le présent travail dont les deux objectifs principaux sont de rassembler une documentation importante obtenue au cours de quatre années d'expérimentations et

d'analyses et de reconnaître certaines règles dans l'évolution de la composition, au cours de la végétation d'une même espèce et de comparer des espèces et variétés de plantes prélevées aux mêmes stades de développement.

A des stades comparables de végétation, l'herbager s'inquiète par exemple de savoir s'il existe des différences entre un Dactyle, un Ray-grass ou une Fléole.

L'analyse chimique ne permet pas de préjuger de l'appétibilité du fourrage qui, en définitive, règle l'importance de la consommation, mais elle nous aidera à évaluer la valeur alimentaire et d'un point de vue agronomique, à chiffrer les exportations minérales qu'il faudrait restituer au sol par la fertilisation.

II. — MATÉRIEL D'ÉTUDE

Enfin, sur un autre plan, nous essayerons de relier la composition des fourrages, en particulier la composition minérale aux conditions du milieu, notamment de sol et de fertilisation.

La majorité des fourrages analysés provient de prélèvements d'échantillons de nos expérimentations d'Yvetot et surtout d'Isneauville, près de Rouen (Seine-Maritime).

D'autres fourrages ont été prélevés dans diverses prairies temporaires ou naturelles aux domaines expérimentaux du Haras du Pin (Orne), en Bretagne, etc.

Les expérimentations entreprises à notre terrain d'Isneauville depuis 1956 nous ont permis de collecter des échantillons de fourrages correspondant à des conditions culturales et à des modes d'exploitation bien définis.

Les études ont porté en premier lieu sur les principales Graminées fourragères : Ray-grass anglais, Ray-grass d'Italie, Dactyle, Fétuque des prés.

Nous ne disposions pas encore en 1956 des souches françaises et nous avions retenu les Ray-grass anglais. *R. v. p. Melle fauche* et *R. v. p. Melle pâture*, la Fétuque des prés *S* 215 et les Dactyles *S* 37 et *S* 143.

En 1958, nous avons également cultivé la Fétuque élevée *S* 170, la Fléole *Maintenon*, le Ray-grass d'Italie *Rina*, puis en 1959, la Fétuque des prés *Naïade* et le Dactyle *Prairial*.

La plupart de ces graminées ont été semées au printemps, ce qui nous a permis de disposer non seulement d'échantillons correspondant aux 1^er^, 2^e^, 3^e^, 4^e^ cycles, mais aussi aux pousses feuillues de l'année du semis.

D'autres espèces et variétés ont également été récoltées et analy-

sées : Paturin des prés (*Poa pratensis*) 49 *V* 317, Fétuque rouge (*Festuca rubra*) 49 *V* 258 (Etablissements Vilmorin), Brôme inerme *Parkland*, *Phalaris tuberosa* (provenance : Portugal), Luzernes (variété *F. D.* 100, de type Flamand), Sainfoin *F. K.*, Plantain (*Plantago lanceolata*).

Nous avons suivi également :

1° Des fourrages annuels (Choux-Fourragers, Tournesol, Maïs, Topinambour en vert).

2° Des racines et tubercules.

3° Des céréales (grains et pailles).

Le sol est un limon de type « limon des plateaux », à 14-16 p. 100 d'argile, de réaction légèrement alcaline : l'analyse BARBIER-MORGAN indiquant une grande pauvreté en P_2O_5 et K_2O.

Nous donnerons des indications analytiques plus détaillées lorsque nous aborderons l'étude de l'influence du sol et de la fertilisation sur la composition minérale des fourrages.

III. — TECHNIQUES ANALYTIQUES

Nous décrivons dans ce chapitre successivement les techniques de dosage utilisées pour déterminer la fraction organique des fourrages et celles de l'analyse minérale. Nous indiquerons également la méthode utilisée pour le calcul de la valeur fourragère.

I. — ANALYSE DE LA FRACTION ORGANIQUE

a) **Humidité.**

Ce dosage a donné lieu à de nombreuses recherches depuis les pertinentes observations de J. ALQUIER (1). On sait qu'au début du séchage on note une respiration cellulaire et une activité enzymatique qui sont à l'origine de pertes importantes. Des échantillons d'herbe séchés en 6 heures à 90°C, perdent environ 5 p. 100 de leur matière sèche. Un séchage plus lent à une température plus basse conduit à une perte plus importante (d'après F. W. RAYMOND (61)).

C'est la raison pour laquelle dans les recherches fines de physiologie, on propose une dessiccation sous vide en présence de P_2O_5 après passage dans une étuve à vide à la température de 60°C pendant deux heures.

J. M. LEFEBVRE (47) a rappelé qu'à 65°C en et 90 minutes, les pertes d'azote amidé provenant de la Glutamine sont de l'ordre de 5 p. 100 et il est certain que ce ne sont pas les seules.

A l'intérieur d'une étuve à air chaud, F. W. RAYMOND a pu montrer qu'à un même moment il peut y avoir au début de la dessiccation une

différence de 40°C entre la partie externe et la partie interne de l'échantillon d'herbe : l'uniformisation des températures n'est pratiquement réalisée qu'au bout de 6 heures.

Ces courtes considérations doivent nous conduire à une utilisation rationnelle de l'étuve. Les précautions à observer consistent à ne pas trop tasser le fourrage à sécher, à le retourner fréquemment, à assurer une bonne ventilation d'air chaud, etc... elles demandent bon sens et attention.

La technique suivie comporte un pré-séchage de 2 heures à 100°C pour la destruction des cellules et des enzymes. L'échantillon peut être ensuite repris par une dessiccation complète. La durée de 6 heures indiquée par F. W. RAYMOND (61) n'est valable que pour des étuves très bien ventilées.

Comme les pertes de matière sèche portent surtout sur les sucres solubles et les substances volatiles, on doit s'attendre à un accroissement du taux des autres fractions : cellulose brute, matière azotée totale.

Nous donnons dans le tableau I des indications sur les pertes et l'évolution des sucres solubles dans un échantillon de Dactyle soumis à différentes techniques de dessiccation.

TABLEAU I

	Glucides totaux	% de matière sèche		
		Glucides réducteurs	Hémicelluloses	Cellulose brute
Dosage sur la matière fraîche	8,3	2,6	18	29,6
1. Après 2 h. séchage infra-rouge	8,4	4,9		
2. Dessiccation à l'étuve 100-105°C	7,9	5,9	19,1	28,9
3. Dessiccation à l'air 5 jours puis passage 1/2 h. à l'infra-rouge	6,9	3,6	19,6	31,1

Le tableau précédent rend compte des pertes importantes de glucides solubles de l'ordre de 16 à 17 p. 100 qui caractérisent la dessiccation préalable à l'air.

A cet égard, la dessiccation de l'infra-rouge semble la technique la plus avantageuse.

Dans tous les cas, il y a évolution des glucides solubles. Initialement, un peu plus de 30 p. 100 de glucides sont constitués de glucides réducteurs.

Ce pourcentage s'élève à 58 p. 100 et à 75 p. 100 après dessiccation respectivement à l'infra-rouge et à l'étuve.

Dans le séchage à l'air, il y a à la fois transformation du saccharose en glucose mais aussi oxydation de ce dernier.

b) **Matières azotées totales.**

Pour la détermination de la teneur d'un fourrage en matières azotées, nous dosons l'Azote total après minéralisation par la méthode classique de KJELDAHL. Le catalyseur utilisé est du sulfate de potassium additionné d'un peu de Sélénium. On prolonge l'attaque sulfurique 2 h. après décoloration. L'ammoniac formé est ensuite déplacé par une lessive de soude, distillé et recueilli dans un volume connu d'acide sulfurique normal. L'indicateur coloré est de l'Alizarine-sulfonate de soude.

Le chiffre d'Azote trouvé est multiplié par 6,25 pour estimer la teneur en matières azotées totales.

c) **Cellulose brute**

Le dosage de la cellulose brute a donné lieu à de nombreuses mises au point. Voici comment nous avons procédé : une attaque à l'acide sulfurique à 1,25 p. 100 est suivie d'un traitement à la soude à 1,25 p. 100. On opère sur 2 g de substance sèche broyée sur lesquels on verse 200 cc de la solution sulfurique bouillante. On maintient l'ébullition au reflux pendant 30 mn., on filtre sur tamis n° 200, on lave jusqu'à neutralité ; on transvase à l'aide de 100 cc d'eau distillée bouillante dans le vase où s'est faite l'hydrolyse et on ajoute 100 cc de solution sodique à 2,5 p. 100.

Après une ébullition de 30 mn., le résidu est filtré sur le même tamis que précédemment, lavé, puis transféré sur un creuset de verre fritté n° 1 (50 cc) dans lequel il est séché, pesé, puis calciné.

d) **Extractifs non azotés.**

Il ne s'agit pas en fait d'une détermination analytique. Il est d'usage de désigner sous ce nom l'ensemble des fractions non azotées, non dosées, complément à 100 de la somme-Matières azotées totales, Cellulose brute, Matières minérales et Matières grasses. Un certain nombre de laboratoires estiment actuellement que l'extrait à l'éther désigné parfois sous le nom de Matières grasses est constitué de substances diverses dont la valeur zootechnique n'est pas précisée.

Pour obtenir l'Extractif non azoté de nos tableaux nous n'avons pas retranché cette « Matière grasse » dont nous avons négligé le dosage.

e) **Insoluble formique.**

Nous rappellerons que l'acide formique concentré est un excellent solvant de protéines et qu'à chaud, il solubilise l'amidon en lui faisant subir un début d'hydrolyse.

La méthode suivie pour doser l'Insoluble Formique par attaque à l'acide formique est la suivante :

1 g de substance sèche broyée est mise à digérer pendant 1/2 h. au bain-marie bouillant avec 20 cc d'acide formique à 85 p. 100. L'insoluble est séparé sur un creuset de verre fritté n° 1, lavé à l'acide formique bouillant, puis à l'eau chaude jusqu'à neutralité, séché, calciné.

L'insoluble formique permet une mesure correcte de la digestibilité chez le rat et l'homme. Si nous l'avons utilisé dans le cas de fourrages destinés aux ruminants, c'est qu'il s'agit d'un dosage facile à réaliser en série et qu'entre l'Insoluble formique et la Cellulose brute, pour des fourrages de même type et au même stade de végétation le rapport *Insoluble formique-Cellulose brute* est relativement constant.

D'autre part, certains zootechniciens comme CHARLET-LERY, FRANÇOIS et LEROY (15) semblent avoir mis en évidence une relation entre l'Insoluble formique, la Cellulose vraie et la Lignine.

Au cours de la discussion qui suivra, nous aurons à critiquer l'existence d'une telle relation.

f) Constituants glucidiques et membranaires.

Ne nous bornant pas à l'analyse classique des fourrages, nous nous sommes préoccupés d'en déterminer les constituants glucidiques et membranaires suivant la technique préconisée par JARRIGE et FAUCONNEAU (34). Nous rappelons le principe de cette méthode qui consiste à extraire successivement les Glucides solubles dans l'eau, les Hemicelluloses hydrolysées par l'acide sulfurique normal et la Cellulose par hydrolyse à l'acide sulfurique à 72 p. 100. La teneur d'un fourrage en des divers constituants est déterminée par le pouvoir réducteur de chacun des hydrolysats. Le résidu final est la Lignine.

Cependant on remarquera dans nos tableaux des chiffres de Cellulose et Lignine par « chlorage ». En effet, au cours des années antérieures à 1958 nous avons fait une autre détermination plus rapide de ces deux constituants. Le résidu de l'hydrolyse des Hemicelluloses a été traité de façon à désincruster et solubiliser la Lignine qu'il contient.

Pour cela on effectue un chlorage, puis un lavage à la soude. On verse simultanément goutte à goutte 10 cc d'HCl à 10 p. 100 et 10 cc d'eau de Javel à 15 p. 100 sur le résidu à attaquer ; on agite, laisse en contact 5 minutes, puis filtre sous vide. On lave avec une solution de soude à 0,5 p. 100 chaude, jusqu'à ce que la solution filtrante passe incolore. On lave à l'eau bouillante jusqu'à réaction neutre.

On fait une deuxième attaque dans les mêmes conditions si nécessaire. On sèche, pèse, calcine, repèse. La différence représente la Cellulose dite « vraie ».

A la suite de ces courtes indications, nous pensons indispensable de comparer les résultats obtenus dans le tableau II.

TABLEAU II

Nature du Fourrage	Cellulose brute	Cellulose par chlorage	Cellulose par hydrolyse	Lignine par chlorage	Lignine par hydrolyse
Ray-grass anglais Melle Pâture :					
année du semis	27,0	28,1	20,4	7,5	9,1
1er cycle	30,2	32,2	22,6	7,8	10,9
Ray-grass anglais Melle fauche :					
1er cycle	25,7	26,8	18,3	7,5	9,8
Ray-grass d'Italie :					
1er cycle	16,0	19,1	12,8	9,6	9,6
1er cycle	21,7	23,1	17,5	8,8	10,4
Dactyle S 37 :					
année du semis	21,1	24,1	15,9	17,2	14,2
1er cycle	19,3	24,2	15,8	6,4	9,9
Dactyle S 143 :					
année du semis	28,6	30,9	16,0	10,7	12,4
1er cycle	31,4	32,7	22,5	7,4	12,9
Fétuque des prés S 215 :					
année du semis	30,0	31,7	23,0	10,2	10,4

Nous observons tout d'abord que par rapport à la Cellulose brute la méthode par chlorage donne souvent un chiffre de Cellulose supérieur tandis qu'il est sensiblement moindre dans la méthode par hydrolyse. Dans nos tableaux, la différence relative entre la Cellulose vraie obtenue par chlorage et la Cellulose brute est de 5,55 p. 100 ± 1,96 pour les Graminées.

Il s'agit d'une différence positive en faveur de la cellulose " vraie ".

On est ainsi conduit à mettre en doute la signification de cette détermination. En effet, nous savons bien que ce que nous désignons sous le nom de « Cellulose brute » contient de la Cellulose pure, de la Lignine et de la Matière azotée. C'est ainsi que dans l'herbe analysée par SUTTOFF cité par MANGOLD (50), il y avait pour 12,4 de Cellulose brute, 10,7 de Cellulose pure et 1,31 de Lignine.

Pourtant en utilisant la même méthode de chlorage sur l'Insoluble formique, la Station Agronomique de Rouen (M. HANGARD) dispose d'un certain nombre de chiffres faisant apparaître un écart entre la Cellulose vraie par chlorage et la Cellulose brute en faveur de cette dernière. Cet écart est d'autant plus élevé que la plante est plus âgée.

Les apparentes contradictions de ces résultats nous font bien comprendre les difficultés que nous éprouvons en utilisant des méthodes simples pour doser des substances complexes. Ces difficultés résultent aussi en partie, il ne faut pas l'oublier, des conditions de préparation de l'échantillon. Ainsi la pratique du dosage montre que le chlorage même répété deux fois peut laisser certains fragments inattaqués.

TABLEAU III

Méthodes	A	B	C
1	0,426	0,294	0,195
	0,427	0,290	0,205
2	0,469	0,317	0,278
3	0,442	0,294	0,221
4	0,419	0,280	0,202

1 et 2 : attaque nitrique normale et pesées sous forme de phosphomolybdate d'ammonium.
3 : attaque nitrique, puis oxydation par le permanganate: pesées sous forme de phopho-molybdate d'ammonium.
4 : attaque nitrique, puis oxydation par le permanganate, pesées sous forme d'anhydride phos-phomolybdique.

II. — ANALYSE MINÉRALE.

Nous avons déterminé sur les fourrages analysés les éléments suivants : Cendres, Silice, Calcium, Magnésium, Potassium, Sodium et Phosphore.

L'analyse minérale détaillée est réalisée par attaque de 5 grammes de fourrage sec à l'acide nitrique concentré durant 48 heures (40° Baumé).

a) **Silice.**

Après addition d'eau distillée, le produit est filtré pour détermination de la Silice qui reste sur le filtre et les autres éléments sont dosés sur des parties aliquotes de 50 cm^3 du filtrat, amené à 250 cm^3.

b) **Phosphore.**

Le dosage du Phosphore a été réalisé selon la méthode mise au point par TERLET et BRIAU (73), par gravimétrie d'un précipité de phosphomolybdate d'ammonium ; ou mieux sous forme d'anhydride phosphomolybdique :

— phosphomolybdate d'ammonium : moufle 1 heure à 300°C.

— anhydride phosphomolybdique : moufle 2 heures à 550°C.

Des modifications ont été apportées à la méthode, d'après les résultats de premiers essais, sur trois fourrages.

L'attaque nitrique seule n'est pas susceptible de conduire à une oxydation ni à une minéralisation totale, d'où sans doute une certaine variabilité des résultats pour l'acide phosphorique (méthodes 1 et 2).

L'addition d'une solution concentrée de permanganate de potassium jusqu'à persistance d'une coloration rose, avec décoloration par quelques cristaux de nitrite de sodium permet de constater que l'oxydation n'est

pas complète, elle améliore donc le dosage de l'acide phosphorique (méthode 3).

Cependant, les résultats trouvés par pesée du précipité de phosphomolybdate d'ammonium sont encore supérieurs aux résultats trouvés par pesée de l'anhydride phosphomolybdique : ce fait laisse supposer qu'il reste dans le premier cas des traces non dissociées de nitrate d'ammonium provenant de la solution de lavage du précipité.

Pour tester la méthode, nous avons réalisé divers essais :

Addition d'une surcharge exactement connue de Phosphore, sous forme de phosphate monopotassique à deux fourrages et, après l'attaque nitrique, comparaison des masses d'anhydride phosphomolybdique correspondant à ces surcharges aux masses calculées.

Voici les résultats de cet essai :

Fourrages	Poids d'anhydride phosphomolybdique Pesé	Calculée	Écart relatif %
1	394	402,01	2,0
2	416	402,01	3,5

Dans un autre essai, deux fourrages ont été analysés, l'un en double, l'autre en triple et les résultats sont les suivants, exprimés en p. 100 M. S.

	N° 1	N° 2
	0,366	0,426
	0,369	0,426
		0,436
écarts relatifs	0,8 %	2,3 %

La technique finalement adoptée pour le dosage du Phosphore est la suivante : sur la prise d'essai, addition à chaud de MnO_4K concentré jusqu'à persistance de la coloration rose, puis décoloration au NO_2Na — précipitation de phosphomolybdate d'ammonium et lavages du précipité selon la méthode décrite par TERLET et BRIAU (73) sur creuset de verre fritté n° 4 — calcination 2 heures à 550°C et pesée sous forme d'anhydride phosphomolydbique.

c) **Potassium et Sodium.**

La détermination du Potassium et du Sodium est réalisée au photomètre à flamme air-butane, avec température de flamme relativement faible : dans ces conditions, nous n'avons pas observé d'interaction nette entre K, Na et le Ca.

Les témoins effectués avec les réactifs indiquent des traces de Na qui correspondent à une correction de l'ordre de 0 à 0,07 p. 100 M. S. ; par contre les réactifs n'introduisent pratiquement pas de Potassium.

Malgré les corrections, les teneurs en Na inférieures à 0,10-0,15 p. 100

M. S. sont sans doute déterminées avec une précision relativement faible, en raison des déviations assez minimes observées au photomètre à flamme.

d) **Calcium et Magnésium.**

Le Calcium et le Magnésium ont été déterminés par compléxométrie, en utilisant le sel de Sodium de l'acide Ethylène-diamino-tétraacétique (Complexon III ou E. D. T. A.) après une préparation destinée à éliminer les composés nitreux gênants, le Phosphore, le Fer, l'Aluminium et le Manganèse.

50 cm³ du premier filtrat sont évaporés en capsules de porcelaine, puis calcinés 2 heures à 700°C ; le Manganèse est insolubilisé en oxydes insolubles dans l'acide chlorhydrique ; les composés nitreux sont également éliminés.

Le résidu est repris par 3 cm³ de HCl concentré, puis par de l'eau distillée et amené à 125 cm³ environ dans des ballons jaugés de 250 cm³.

Le Fer et l'Acide phosphorique sont alors éliminés de la manière suivante :

— addition d'ammoniaque jusqu'à alcalinité ;

— 4 cc de solution à 10 p. 100 de Cl_3 Fe, 6 H_2O à 30° Baumé (l'hydroxyde de fer précipite) ;

— dissolution du précipité par la quantité strictement nécessaire de HCl ;

— addition de 4 ga de $ClNH_4$ et 40 cm³ d'une solution tampon à pH 5,4 : HCl + Hexaméthylène-tétramine ;

— l'on complète alors à 250 cm³ et l'on filtre pour effectuer immédiatement les titrages du Ca et du Mg sur des prises aliquotes de 50 cm³ du filtrat ;

— les phosphates de Fer, les sels de Fer en excès sont éliminés, ainsi que les sels d'alumine éventuels.

Avec cette élimination de P et Fe, mise au point par la Station Agronomique de Rouen (M. HANGARD) les virages des indicateurs colorés, Murexide pour le Calcium, Noir Eriochrome T pour le Magnésium sont nets.

Voici les résultats de deux essais (M. HANGARD) :

Calcium introduit	2,007 mg	Mg introduit	0,486 mg
Calcium retrouvé	2,024	Mg retrouvé	0,498

Malgré cette précision les faibles teneurs en Magnésium qui correspondent à des faibles différences en cm³ entre le titrage du Calcium et celui de la somme Calcium + Magnésium sont obtenues avec une certaine incertitude.

Voici, par exemple, les résultats de dosages de Ca et Mg en triple, sur deux fourrages.

TABLEAU IV

Fourrages 1 et 2

	Calcium		Magnésium	
	1	2	1	2
	1,58	1,32	0,095	0,289
	1,61	1,38	0,114	0,265
	1,54	1,36	0,095	0,272
Erreur relative %	4,4	4,4	18,7	8,7

e) **Autres éléments.**

Quelques dosages de Cuivre et de Manganèse ont été effectués.

Le Manganèse, pour les premières analyses, a été dosé d'après la méthode décrite par DUCET, BATS et Mme DUPOUY-BRAS (28) : colorimétrie en présence de Tétrabase — (tétraméthyldiaminodiphénylméthane), puis par la méthode colorimétrique classique — formation de MnO_4K sous l'action de IO_4K en milieu sulfurique, sur le résidu de l'évaporation du liquide provenant de l'attaque nitrique, correspondant à 2 grammes de fourrage.

Le Cuivre a été dosé par colorimétrie de 2-2' Diquinolyle dans l'alcool isoamylique, après complexation du fer par le tartrate de potassium et réduction du Cu^{++} en Cu^{+} par le chlorhydrate d'hydroxylamine — Méthode décrite par COPPENET, DUCET et Mme CALVEZ (21).

Enfin quelques dosages de Zinc ont été effectués à la Station Agronomique de Rouen (Mlle M. Th. LECACHEUX) : dosage complexométrique à l'E. D. T. A. après extraction de cet élément par le Dithizone.

I. — LES VARIATIONS DES CONSTITUANTS DE LA MATIÈRE ORGANIQUE.

Ces variations ont été plus particulièrement étudiées sur les Graminées pérennes dans le présent travail, mais nous donnerons également quelques indications sur d'autres fourrages.

a) **Graminées fourragères pérennes.**

Les différences de composition entre les feuilles et les tiges ont été rappelées bien souvent (G. FAUCONNEAU et R. JARRIGE). En grande partie les résultats que nous avons à commenter s'expliquent par le pourcentage relatif des feuilles et des tiges.

Au cours du premier cycle, le rapport $\frac{\text{Feuilles}}{\text{tiges}}$ augmente constamment. Par contre, aux cycles ultérieurs et l'année du semis, on est en présence d'une plante presque uniquement composée de feuilles, tout au moins dans le cas d'espèces non alternatives.

Il y a déjà longtemps que R. G. STAPLEDON (72) a insisté sur l'importance des différences que l'on observe entre les diverses coupes dans les pourcentages de talles épiées.

Les facteurs qui agissent sur les constituants de la matière organique dépendent donc de l'aptitude à la montaison, plus ou moins marquée suivant la période de l'année, mais aussi, comme nous le verrons, de l'âge de la plante, c'est-à-dire du temps qui sépare deux exploitations.

Une plante qui vieillit s'enrichit en cellulose ; ses membranes s'épaississent et se lignifient. En ce qui concerne les sucres solubles, leur importance dépend à la fois de la photosynthèse qui en accroît le pourcentage et de la respiration qui contribue à les faire disparaître. D'une façon générale, l'intensité de la respiration dépend davantage de la température que la photosynthèse qui se poursuit à une température basse pour laquelle la respiration demeure très faible.

Dans les lignes qui suivent, nous nous proposons les objectifs suivants ;

— Comparaison des cycles entre eux, année du semis, premier cycle, cycles ultérieurs, et à l'intérieur du même cycle, examen des différences dues à l'année, à la durée de végétation, etc.

— Mise en évidence de corrélations éventuelles entre les divers constituants au cours de la végétation.

— Comparaison des espèces entre elles, eu égard à leur teneur en divers constituants pour reconnaître si certaines sont significativement plus riches en l'un d'entre eux.

Pour montrer l'évolution de quelques constituants, voici les résultats d'analyses de coupes échelonnées réalisées en 1959 sur quelques graminées au cours du premier cycle et sur les cycles suivants.

TABLEAU V

Fétuque élevée S 170

	1er cycle				2e cycle	3e cycle
	21 Avril	5 Mai	15 Mai	2 Juin	26 Juillet	16 Sept.
%matière sèche	16,7	18,3	18,3	24,0	25,0	31,0
Composition % M, S.						
N x 6,25	21,4	16,6	13,9	8,7	14,3	14,3
Cellulose brute	20,3	23,0	30,0	32,1	27,1	24,6
Glucides solubles	15,3	12,1	6,6	11,0	9,3	7,8
Hémicelluloses	16,9	17,8	19,4	21,5	20,5	14,1
Cellulose (hydrolyse)	16,7	18,4	21,9	22,4	20,5	15,0
Lignine	10,0	9,1	11,1	11,7	11,6	11,0

Tableau VI

Fléole Maintenon

	1er cycle				2e cycle
	21 Avril	5 Mai	15 Mai	17 Juin	22 Août
% matière sèche....	16,7	16,7	16,7	25,0	29,0
Composition % M. S.					
N x 6,25..........	23,1	17,6	13,8	6,9	15,0
Cellulose brute	20,9	25,1	29,6	39,1	27,0
Glucides solubles....	12,0	8,6	6,2	6,4	5,2
Hémicelluloses	15,9	18,0	19,5	20,8	18,2
Cellulose (hydrolyse)	16,1	17,6	20,6	27,3	21,1
Lignine...........	10,2	10,5	12,5	12,6	14,1

Tableau VII

Dactyle S 37

	1er cycle				2e cycle	3e cycle
	22 Avril	5 Mai	15 Mai	3 Juin	4 Août	21 Sept.
% matière sèche	15,0	17,3	17,3	21,7	28,0	27,3
Composition % M. S.						
N x 6,25...........	18,9	13,0	13,2	6,5	13,4	17,4
Cellulose brute	23,9	26,6	31,3	39,4	32,3	28,1
Glucides solubles.....	10,4	9,9	7,8	6,6	8,6	5,9
Hémicelluloses	16,1	19,5	20,0	21,4	19,6	16,3
Cellulose (hydrolyse)..	18,9	20,0	23,5	26,6	22,3	16,6
Lignine	10,5	9,9	10,8	13,9	12,7	12,7

Tableau VIII

Ray-grass anglais Rvp Melle pâture

	1er cycle			2e cycle	3e cycle
	21 Avril	5 Mai	15 Mai	15 Juin	24 Août
% matière sèche....	17,3	20,0	15,0	20,0	24,0
Composition % M. S.					
N x 6,25	18,6	13,3	15,1	20,1	16,9
Cellulose brute	20,8	23,5	28,7	21,3	27,6
Glucides solubles ...	14,7	16,7	7,8	13,4	5,7
Hémicelluloses	18,2	16,9	17,0	16,5	19,7
Cellulose (hydrolyse)	15,9	18,0	23,0	15,3	22,1
Lignine...........	8,9	7,6	10,5	9,5	11,8

Ici le premier cycle a été interrompu précocement par un pâturage.

Matière sèche

Il existe une relation entre la matière sèche, la matière verte et les stades de développement d'une espèce donnée. Cette relation est bien connue : les plantes jeunes sont plus riches en eau.

De Vries (25) a déterminé le taux de Matière sèche de trois graminées cultivées en pots, une Fétuque rouge et deux Ray-grass, l'un précoce, l'autre tardif.

Pour la Fétuque rouge, il y a une relation linéaire constante entre la Matière sèche et la Matière verte au cours de l'ensemble du développement.

Pour le Ray-Grass anglais tardif, cette relation linéaire se modifie à partir de l'initiation de l'épi ; pour le Ray-grass précoce, ce n'est qu'à la sortie des épis que l'on note cette modification.

A ce moment, le poids de la Matière sèche augmente beaucoup plus vite que celui de la Matière verte. C'est dire que le taux de Matière sèche s'accroît alors rapidement.

Il y a des variations importantes dans le taux de Matière sèche des échantillons de notre expérimentation d'Isneauville.

Si l'on distingue cependant ceux qui ont été prélevés l'année du semis, au premier cycle et aux cycles ultérieurs, on peut faire les observations suivantes :

— *Année du semis* : C'est à ce moment que le taux de Matière sèche est le plus bas. Il est de 10,3 pour un Ray-grass anglais *Melle pâture*, de 12,6 pour un Dactyle *S* 37 et de 13,7 pour une Fétuque des prés *S* 215 ; mais il peut s'élever jusqu'à 25 p. 100 pour un Dactyle *S* 143.

— *Premier cycle* : Les tableaux V à VIII indiquent nettement une augmentation progressive de la teneur en Matière sèche au fur et à mesure de l'épiaison, avec cependant une donnée aberrante pour le prélèvement du 15 mai du Ray-grass anglais *Rvp Melle pâture* (tableau VIII).

Pour donner quelques chiffres extrêmes, nous avons observé des taux de Matière sèche variant de 14,3 à 35 p. 100 pour un Dactyle *S* 143,

— *Cycles ultérieurs* : Le taux de Matière sèche est susceptible de très grandes variations en 2e et 3e cycles, selon la pluviosité.

Ainsi en 1958, année très pluvieuse, il descendait jusqu'à 14 p. 100 pour un Dactyle *S* 143 et montait en 1959 à 55 p. 100 pour un Ray-grass anglais *Rvp Melle fauche* (3e cycle, 30 septembre).

Au premier cycle comme aux cycles ultérieurs, le taux de Matière sèche varie comme le taux de Cellulose brute et à l'inverse du taux de Matières azotées totales. Ces variations dans le même sens avec le taux de Cellulose brute sont moins nettes pour l'année du semis.

L'examen de nos résultats montre également que les taux de Matière sèche les plus élevés sont souvent ceux des plantes les plus âgées.

Ainsi, pour le Ray-grass anglais *Melle pâture*, l'année du semis, ce taux est de 10,3 p. 100 pour un prélèvement en juin, après 63 jours de végétation et de 20 p. 100 en août après 106 jours de végétation.

Pour un Dactyle *S* 37 il est de 15,8 après 59 jours de végétation, et de 20 p. 100 après 94 jours de végétation (prélèvement d'octobre pour les deux échantillons).

Pour les cycles ultérieurs, le même Dactyle prélevé en septembre, après 47 jours de végétation contient 20,7 p. 100 de Matière sèche et 23,3 p. 100 pour un prélèvement d'août après 81 jours de végétation.

Matières azotées totales

Analysant séparément des feuilles et des tiges de Dactyles, les unes coupées toutes les trois semaines, les autres toutes les six semaines, T. W. Fagan (31) a montré qu'il y avait un certain parallélisme au cours de la saison entre les teneurs en Matières azotées totales et en Cellulose brute des unes et des autres.

Pour les feuilles de Dactyle coupées toutes les trois semaines, la teneur en matières azotées totales est voisine de 25 p. 100 vers le 20 avril, atteint son maximum entre 30 et 35 p. 100 vers la fin mai pour redescendre jusqu'à mi-septembre (e*u*tre 25 et 30 p. 100) et remonter ensuite.

Pour les tiges, ce taux est plus faible au départ, entre 13 et 18 p. 100 avec un maximum un peu plus tôt que les feuilles, début mai, de 20 à 25 p. 100. Il est ensuite inférieur à 20 p. 100 pour remonter un peu vers le 20 août.

Pour des Dactyles fauchés toutes les six semaines, la teneur en Matières azotées totales est de 25 p. 100 environ fin mars (16 p. 100 pour les tiges), descendant à 17 p. 100 vers le 20 juin pour remonter vers le 20 août. Fin octobre : feuilles 19 p. 100, tiges 14 p. 100.

Ces indications confirment les points suivants :

— les feuilles des Graminées vivaces sont sensiblement plus riches que les tiges ;

— les conditions d'exploitation modifient le taux des feuilles et des tiges en Matières azotées totales: les pourcentages élevés que l'on note en mai, lorsque le Dactyle est coupé toutes les trois semaines ne se retrouvent plus avec des fauches réalisées toutes les six semaines.

Ces pourcentages sont, d'une façon générale, plus faibles dans ce dernier mode d'exploitation. Les différences entre feuilles et tiges y sont aussi plus marquées.

En ce qui concerne nos propres déterminations, l'observation des valeurs moyennes, maxima et minima des matières azotées ainsi que des durées de végétation correspondantes que nous avons notées par ailleurs permet les comparaisons suivantes :

— Comparaison entre les cycles : les échantillons correspondant à l'année du semis et au tout début de premier cycle (février à avril) sont les plus riches en azote. Au cours du premier cycle, la teneur en matières azotées décroît rapidement (tableaux V à VIII).

Le plus souvent, les teneurs en matières azotées sont plus faibles sur des repousses de 2[e] cycle que sur celles des 3[e] et 4[e] cycles : ce phénomène s'explique aisément par l'évolution, le vieillissement plus rapide du 2[e] cycle qui se situe en été, période de températures plus élevées (tableaux V,VII)

— Comparaison entre les espèces et les variétés : au cours du premier cycle, on ne voit que peu de différences nettes entre les espèces, si l'on se rapporte à un taux de cellulose brute donné. Cependant, les Dactyles semblent conserver à l'épiaison un peu plus de matières azotées totales, tandis que les Ray-grass d'Italie s'appauvrissent rapidement à l'épiaison, jusqu'à 4,9 à 5 p. 100 pour des teneurs en cellulose brute assez faibles 22 à 25 p. 100 matière sèche.

— Réduction du taux de matières azotées totales avec la durée de végétation : il y a pour l'année du semis et les cycles suivants le premier une certaine relation entre la durée de végétation et la teneur en matières azotées totales, cette dernière étant d'autant plus faible que la durée est longue. Nous avons cependant noté quelques anomalies qui correspondent à des prélèvements tardifs : Ray-grass Italien à 30,2 p. 100 de matière azotée totale récolté le 20 décembre 1957, Dactyle « *S* 37 » à 23,8 p. 100, récolté le 20 décembre 1956, Fétuque des prés « *S* 215 » , prélevée le 26 octobre 1957.

On peut attribuer cette richesse très élevée en azote des pousses d'arrière-saison à une croissance ralentie qui correspond à une période de renouveau d'activité des racines qui absorbent l'azote plus rapidement que la plante ne peut le répartir dans ses organes.

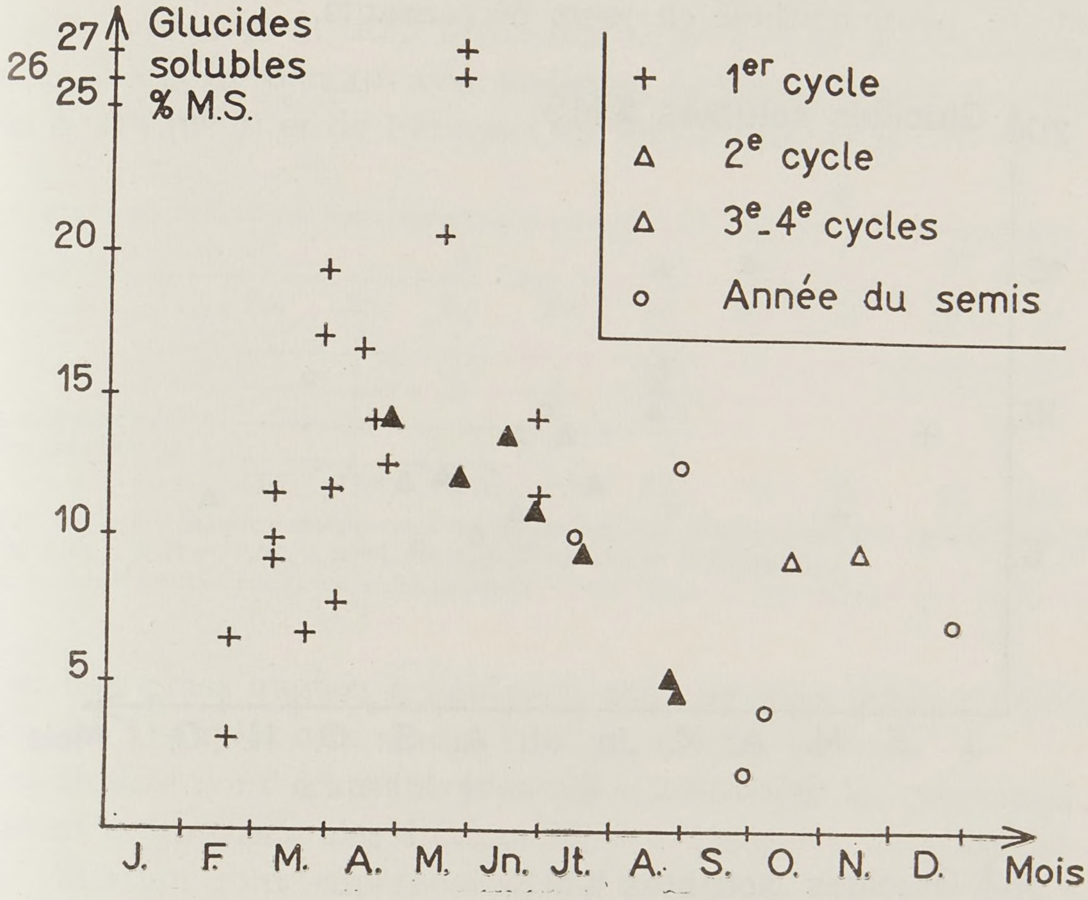
Cette richesse en Azote se retrouvera en début de premier cycle.

Glucides solubles

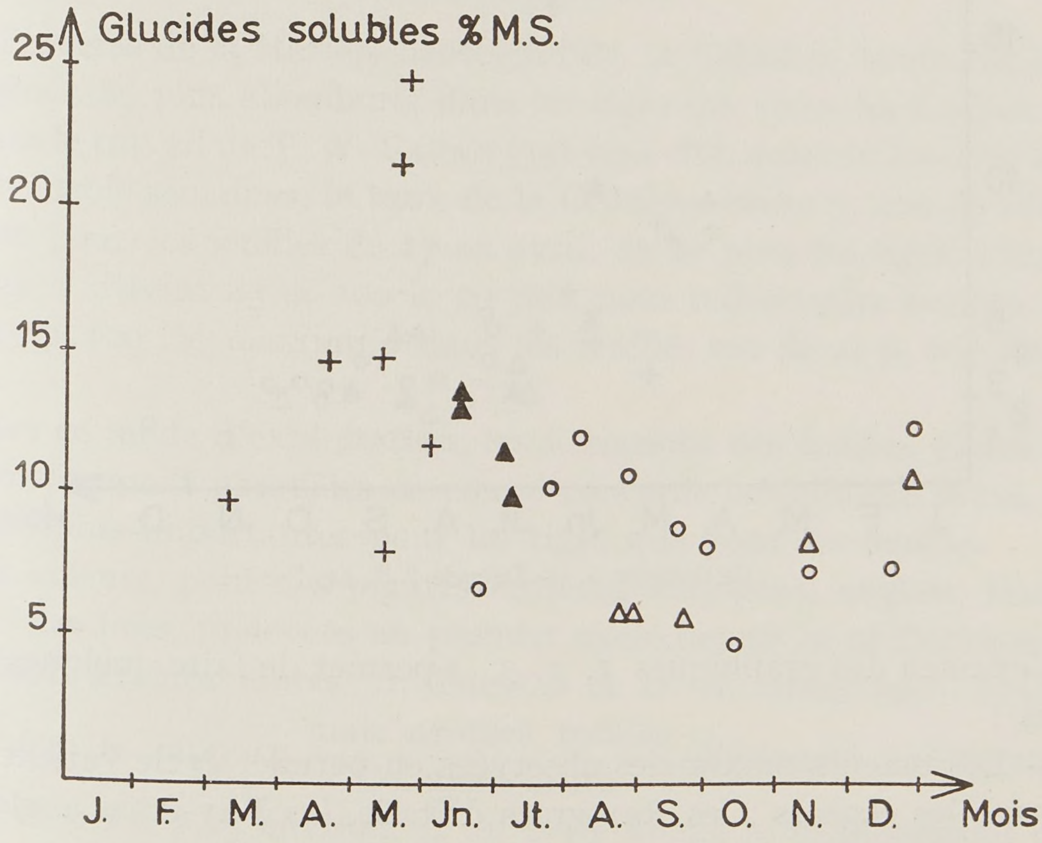
D'après Waite et Boyd (1953) cités par Jarrige et Fauconneau (34) la Saccharose serait le Glucide soluble le plus important des feuilles de nos Graminées fourragères, Ray-grass, Dactyle, Fléole, Fétuque. Les Hexoses qui interviennent dans l'élongation de la plante représenteraient un pourcentage moindre ; de même les Fructosanes qui constituent des substances de réserve seraient abondantes dans les gaines et à la base des tiges. Sur un Dactyle récolté avant épiaison et analysé frais, nous avons dosé 5,1 p. 100 de Glucides non réducteurs (Saccharose et Fructosanes) et 2,6 p. 100 de Glucides réducteurs.

Au cours de la vie d'une plante, le taux de glucides solubles est influencé par l'intensité de la photosynthèse et l'activité respiratoire.

Un maximum est atteint au premier cycle, en fin mai pour la plupart des Graminées : la plante se trouve alors en jours croissants dans une période où les températures fraîches réduisent l'intensité respiratoire.



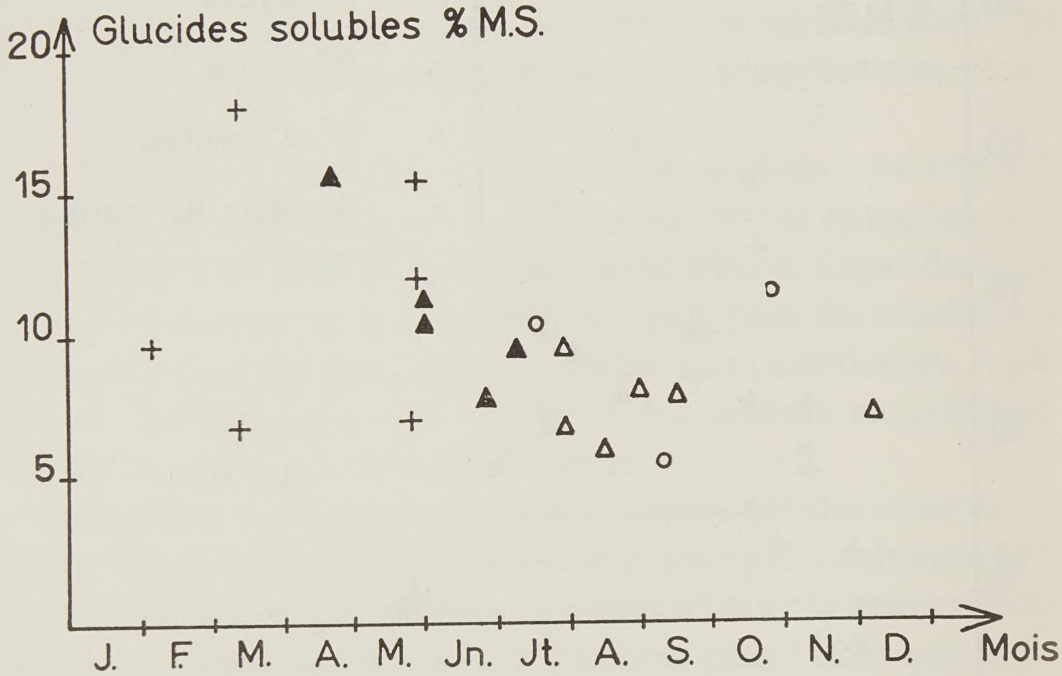
GRAPHIQUE 1. — Ray-Grass d'Italie



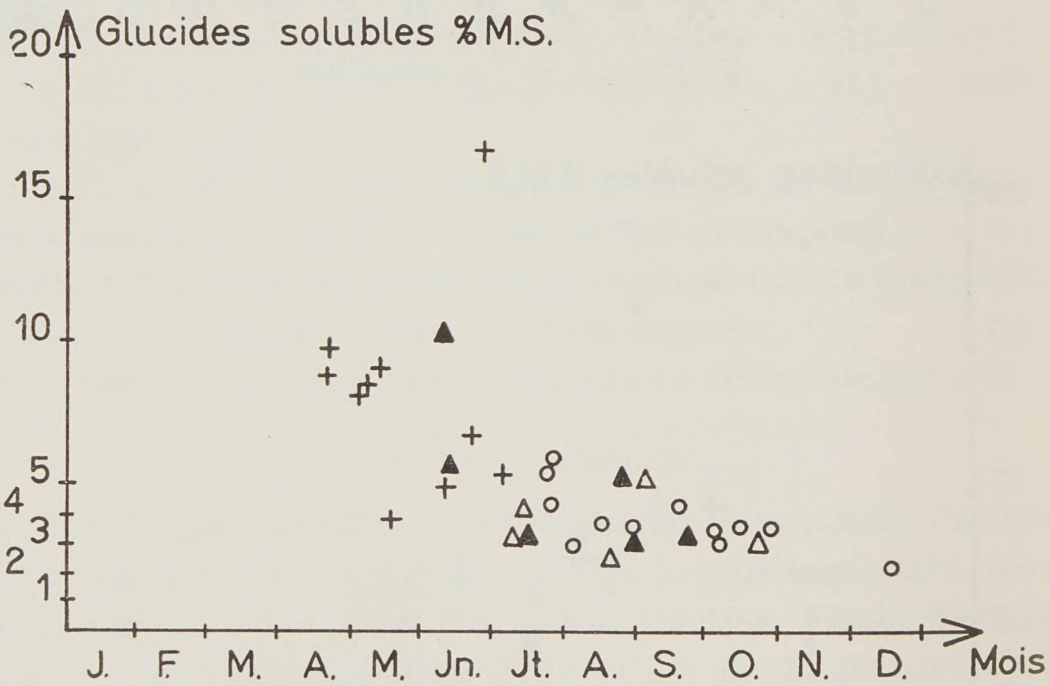
GRAPHIQUE 2. — Ray-Grass anglais Rvp. Melle pâture.

Un second maximum moins net est marqué en fin de saison, novembre et décembre.

Enfin, les taux de Glucides les plus faibles sont observés en été et curtout en début d'automne : températures élevées, favorisant l'activité respiratoire, photosynthèse en jours décroissants.



GRAPHIQUE 3. — Fétuque élevée " S. 170 "



GRAPHIQUE 4. — Dactyle " S. 143 "

L'examen des graphiques 1, 2, 3, 4 permet de faire quelques observations :

— Les teneurs maximales observées en permier cycle varient beaucoup avec les espèces : les Ray-grass d'Italie, les Ray-grass anglais, les Fétuques sont les plus riches, les Dactyles les moins pourvus.

— La Fétuque élevée présente une teneur en Glucides satisfaisante et relativement régulière, supérieure en été à celle des Dactyles.

Nous avons calculé la signification de différences de teneurs en Glucides solubles entre stades épiés (premier cycle — « Ep. ») et feuillus (année du semis, 2^{e}, 3^{e}, 4^{e} cycles — « Fe ») des Ray-grass anglais *Rvp Melle pâture* (n° 1 et 4), *Rvp Melle fauche* (n° 2 et 8), des Dactyles *S* 37 (n°3 et 9), *S* 143 (n° 6 et 10) avec inclusion de stades feuillus de Fétuques de prés *S* 215 (n° 7) et de Fétuques élevées *S* 170 (n° 5).

Nos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stades	Ep	Ep	Ep	Fe	Fe	Ep	F	F	F	F
Teneurs moyennes en glucides solubles % M. S	15,7	13,0	11,4	8,8	8,8	8,2	6,9	5,6	5,0	3,6

* Par rapport à chaque numéro, nous avons souligné les comparaisons non significatives. Ainsi 2 est différent de 4 à P = 0,05, 4 n'est par significativement différent de 7.

Les Ray-grass anglais à l'épiaison sont les plus riches en Glucides solubles, les Dactyles aux stades feuillus les plus pauvres.

Ces chiffres sont d'autant plus significatifs que les moyennes correspondent à des ensembles d'échantillons hétérogènes où plusieurs causes de variation sont superposées (années, dates, âge des pousses ou repousses...).

Cellulose brute

A l'inverse de la Matière azotée totale, la Cellulose brute est, d'une façon générale, plus abondante dans les tiges que dans les feuilles.

Dans le travail de T. W. Fagan (31) déjà cité, dans un Dactyle coupé toutes les trois semaines, le taux de la Cellulose brute p. 100 de matière sèche est pour les feuilles de 17 en avril, de 20 pour les tiges. Dans ces dernières, il atteint 43 p. 100 le 20 juin pour redescendre ensuite entre 30 et 35 p. 100 ; le maximum dans les feuilles est de 24 p. 100 fin septembre.

Dans ce mode d'exploitation, les variations des feuilles et des tiges sont grossièrement parallèles en ce qui concerne la Cellulose brute, mais elles sont plus importantes pour les tiges que pour les feuilles.

Par ailleurs, pour des plantes entières, Ray-grass anglais, Dactyle, Fétuque des prés, prélevées au premier cycle depuis la préfloraison jusqu'au stade graines mûres, B. Thomas et D. G. Armstrong (74) ont montré que le rapport $\frac{\text{mat. azotées totales}}{\text{Cellulose brute}}$ diminuait constamment, passant de 0,7 à 0,15 environ. A un cycle donné le vieillissement de la

plante se traduit par une augmentation de la Cellulose brute (dans le cas précédent dans le rapport de 1 à 1,5) et une diminution de la Matière azotée totale, sensiblement plus rapide (de 3 à 1 environ).

D'après les indications fournies par T. W. Fagan, ce vieillissement est bien moins marqué pour le regain que pour le premier cycle, tout au moins en ce qui concerne l'accroissement du taux de Cellulose brute. C'est qu'en fait, aux stades ultérieurs, plus riches en feuilles, ce taux varie peu.

Nous avons donné dans les graphiques n° 5, 6 et 7 des indications sur les teneurs en Cellulose brute de nos Graminées pérennes. Nous allons maintenant commenter ces résultats en tenant compte du nombre de jours de végétation correspondant à ces valeurs.

— Comparaison entre les cycles : le taux de Cellulose brute s'accroît au cours du premier cycle, mais reste élevé au cours du deuxième cycle, dans le cas spécialement des espèces alternatives, comme le Ray-grass d'Italie (graphique 6).

Il est remarquable que des teneurs élevées soient observées aussi bien sur des pousses feuillues que sur des pousses épiées, de juin à septembre, alors que les pousses d'arrière-saison sont moins cellulosiques.

Cependant les Ray-grass d'Italie feuillus conservent des teneurs assez faibles en Cellulose.

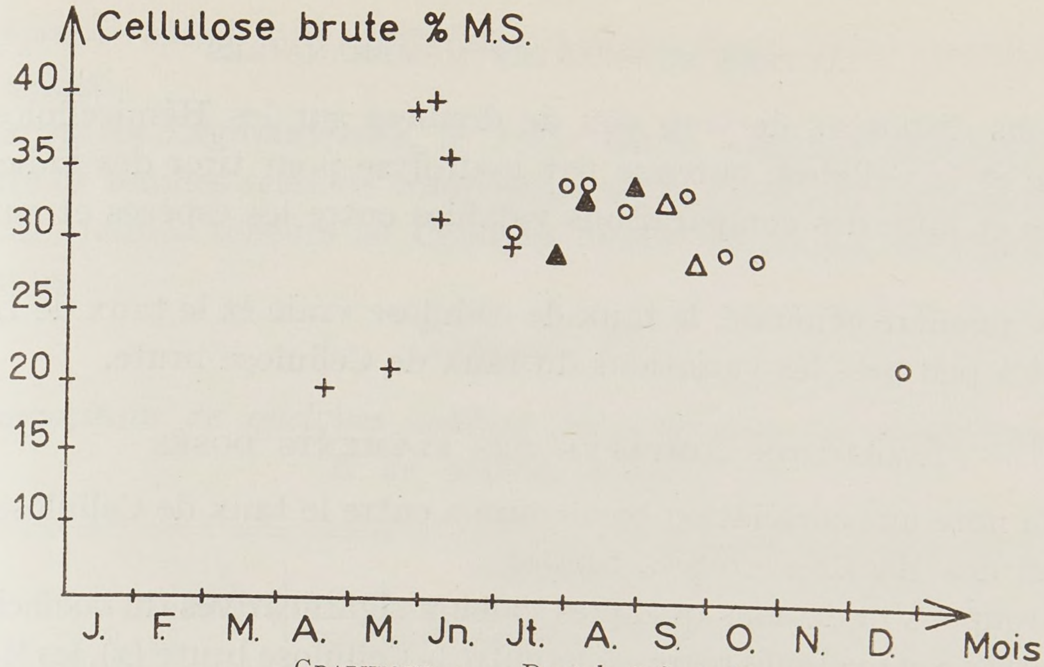
Nous pouvons faire la même remarque que pour les Matières azotées : l'évolution, donc la lignification, est plus rapide en période d'été qui correspond généralement à des 2^e^, voire 3^e^ cycles pour des espèces précoces.

— Comparaison entre les espèces et les variétés : les Dactyles sont nettement plus cellulosiques que les autres espèces, ainsi que la Fléole (maximum observé 39, 1 p. 100 pour *Maintenon*) : les maxima notés ont été de 33 p. 100 pour les Ray-grass anglais *Rvp Melle fauche* et *Rvp Melle pâture*, 37 p. 100 pour une Fétuque des prés *S* 215.

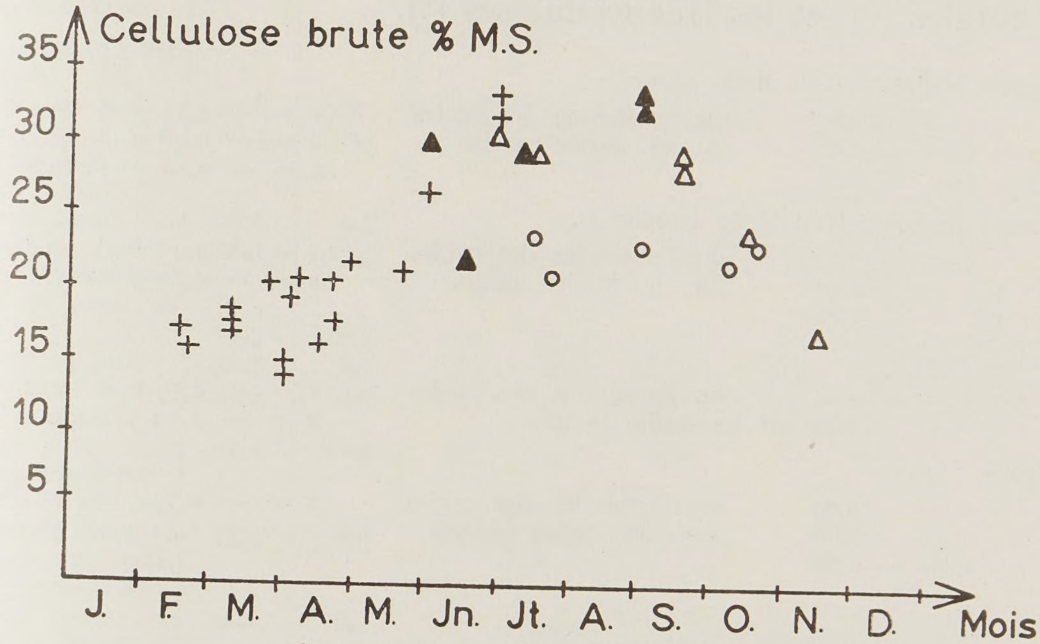
Notons que la Fétuque élevée, malgré sa réputation de dureté n'est pas particulièrement cellulosique et que ses repousses de 2^e^ et 3^e^ cycle ne contiennent guère que 22 à 27 p. 100 de Cellulose brute dans les conditions des observations (graphique 7).

Les semis de printemps de Ray-grass d'Italie apparaissent avantageux par leurs faibles teneurs en Cellulose 20 à 25 p. 100 (graphipue 6).

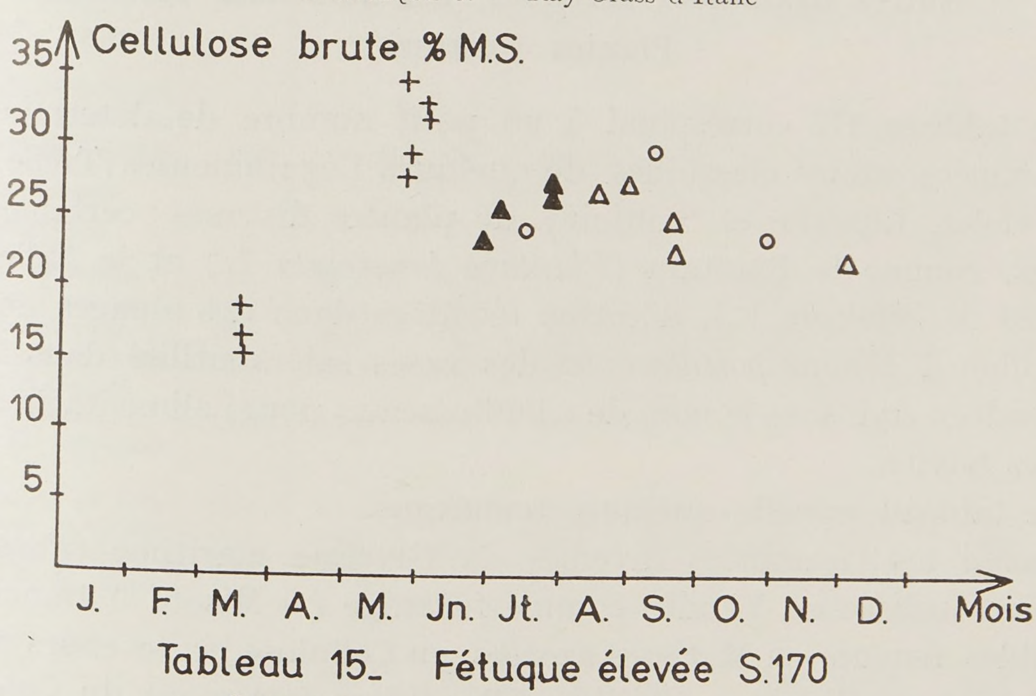
— Augmentation du taux de Cellulose brute avec la durée de végétation : cet accroissement est bien connu. Il comporte des anomalies apparentes : Ray-grass Italien à 16,1 p. 100 de Cellulose brute malgré 117 jours de végétation, mais il s'agit d'une pousse tardive récoltée le 26 décembre 1957 ; Dactyle *S* 143 qui pour 90 jours environ de végétation, renferme 21,3 p. 100 de Cellulose brute (prélèvement du 18 décembre 1956) et 34,9 p. 100 (prélèvement du 14 août 1957).



GRAPHIQUE 5. — Dactyle " S. 37 "



GRAPHIQUE 6. — Ray-Grass d'Italie



GRAPHIQUE 7. — Fétuque élevée " S. 170 "

Autres substances membranaires

Nous disposons de trop peu de données sur les Hémicelluloses, la Lignine et la Cellulose obtenue par hydrolyse pour tirer des indications précises et faire des comparaisons valables entre les espèces et entre les cycles.

De manière générale, le taux de cellulose vraie et le taux de Lignine suivent à peu près les variations du taux de Cellulose brute.

Évolution comparée des éléments dosés

On note une corrélation bien connue entre le taux de Cellulose brute et celui des Matières azotées totales.

Groupons ci-dessous quelques valeurs significatives du coefficient de corrélation r et quelques régressions entre la Cellulose brute (x), les Matières azotées totales (y), et les Hémicelluloses (z).

Ray-grass anglais « Rvp Melle pâture »

$r\,x\,y = -0{,}87$	sur l'ensemble des cycles	$x = -0{,}74\,y + 37{,}5$
$r\,y\,z = -0{,}81$	sur les stades feuillus	$x = -0{,}98\,y + 41{,}4$
$r\,x\,z = +0{,}76$		$x = -0{,}82\,y + 29{,}8$

Ray-grass anglais « Rvp Melle Fauche ».

$r\,x\,y = -0{,}70$	sur l'ensemble des cycles	$x = -0{,}45\,y + 33{,}4$
$r\,y\,z = -0{,}90$	sur les stades feuillus	$x = -0{,}89\,y + 42$
$r\,x\,z = +0{,}84$		

Dactyle « S 57 »

$r\,x\,y = -0{,}84$	sur l'ensemble des cycles	$x = -0{,}59\,y + 39{,}2$
$r\,y\,z = -0{,}71$	sur les stades feuillys	$x = -1{,}19\,y + 50$

Dactyle « S 143 »

$r\,x\,y = -0{,}84$	sur l'ensemble des cycles	$x = -0{,}73\,y + 45{,}7$
$r\,y\,z = -0{,}86$	sur les stades feuillus	$x = -1{,}54\,y + 55{,}7$
$r\,x\,z = -0{,}78$		

b) **Autres Graminées pérennes, Légumineuses pérennes, Plantes diverses**

Le tableau IX correspond à un petit nombre de déterminations de Graminées, moins classiques, de quelques Légumineuses (Trèfle blanc, Trèfle violet, Luzerne et Sainfoin), de plantes diverses : certaines bien connues, comme le Plantain (*Plantago lanceolata* L.) et le Millefeuille (*Achillea Millefolium* L.), d'autres récoltées dans des alpages, enfin un échantillon d'*Obione portulacoides* des vases salées utilisé dans le Marais Vendéen sud, sous le nom de « Paillusseau » pour l'alimentation hivernale des bovins.

Ce tableau appelle quelques remarques.

Parmi les Graminées diverses, la Glycérie maritime (*Puccinellia maritima*) utilisée en Vendée comme fourrage (« Misote ») tranche par ses faibles teneurs en Matières azotées, en Cellulose brute et ses teneurs très élevées en Glucides solubles. Elle diffère fortement du Chiendent

(*Agropyrum repens*) qui croît dans des situations assez semblables de vases salées.

Parmi les Légumineuses, le Trèfle blanc, toujours constitué d'une majorité de feuilles reste de composition assez constante : grande richesse en Azote, faibles teneurs en Cellulose brute, maximum de Glucides au printemps.

Tableau IX

Composition de quelques espèces de graminées, de légumineuses et de plantes diverses.

	% M. S.	Composition % de la matière sèche							
		N x 6,25	Cendres	E.N.A.	C. B.	Gl. s.	h. c.	C. hyd.	Lignine
Graminées diverses									
Fétuque rouge 49 V 258 (Vilmorin).									
1er cycle 29 mai ..	23,8	9,7	7,8	50,2	32,3	5,5	22,3		
2e cycle 24 juillet	28,3	8,3	9,2	50,4	32,1	12,5	20,0		
Paturin des prés 49 V 317 (Vilmorin)									
1er cycle 29 mai ..	28,6	9,7	7,5	48,8	34,0	6,8	21,5		
2e cycle 24 juillet	28,3	23,3	8,8	38,3	29,6	10,4	19,1		
Brome inerme Parkland									
Année du semis 26 octobre	16,7	28,1	10,1	39,7	22,1	8,7	13,7	23,5	11,2
1er cycle 24 juin ..	36,7	6,2	4,3	56,1	33,4	15,7	20,2	25,9	12,3
2e cycle 1er sept. .	32,3	4,8	8,7	51,4	30,1	9,7	18,6	26,1	10,9
Phalaris tuberosa									
Epié 1er sept.	21,3	12,5	9,7	44,8	33,0	4,2	19,2	25,0	12,5
Puccinellia maritima									
1er cycle. Vases salées. Baie de Seine ..	15,3	8,8	8,2	66,9	16,1				
1er cycle. 29 mai. St-Michel-en-l'Herm (Vendée) 1959	31,2	8,7	7,1	59,9	24,3	19,5	21,5	15,3	10,8
en foin (« Misote ») 1959		6,7	9,6	64,1	19,6	21,8	20,4	14,3	10,4
Agropyrum repens (Chiendent)									
1er cycle début épiai. 29 mai St Michel en l'Herm (Vendée) 1959	27,6	11,7	9,9	45,6	32,8	3,0	25,8	22,5	12,7
Légumineuses									
Trèfle blanc S 100									
16 mai Floraison ..	14,7	28,2	10,3	46,2	15,3	7,1	10,5		
6 juillet Floraison .	16,5	22,2	10,7	43,6	23,5	5,2	11,0		
9 août Floraison ..	16,0	24,6	16,6	39,6	19,2	3,2	9,5		
27 septembre Florai.	13,0	26,3	12,5	40,6	20,6	3,5	10,2		
Trèfle violet *Goliath*									
20 sept. Floraison ..	15,3	20,3	15,1	41,5	23,1	4,2	10,2		
Luzerne FD 100 année 1959									
1re coupe 10 juin	25,7	17,6	8,7	38,1	35,6	5,0	13,0	19,3	13,2
2e coupe 11 juillet	17,7	15,7	9,6	42,9	31,8	3,2	17,3	12,5	13,1
3e coupe 7 sept. .	29,0	18,0	8,4	45,9	27,7	5,1	11,2	16,1	13,3
Sainfoin F. K. année 1959									
Coupes à pleine flo.									
16 juillet	26,7	14,8	6,3	46,8	32,1	8,6	15,2	18,5	14,6
31 août	26,7	17,3	7,3	50,0	25,4	6,5	13,9	16,4	14,9

TABLEAU IX *(Suite)*

	% M. S.	Composition % de la matière sèche							
		Nx6,25	Cendres	E. N. A.	C. B.	Gl. s.	h. c.	C. hyd.	Lignine
Espèces diverses									
Plantain lancéolé									
1958 11 juil. flor. ..	15,3	10,9	7,3	56,4	25,4	11,7	13,7	16,1	12,8
1er sept. flor. .	16,7	12,7	9,4	53,3	24,6	9,4	14,0	15,8	12,4
1959 28 mai	15,0	9,8	9,7	61,4	19,1	16,4	12,1	11,3	10,5
Millefeuille									
15 mai feuillu	20,4	14,3	10,0	59,0	16,7	12,6	11,5		
13 juillet floraison ..	23,5	12,9	9,0	53,2	24,9	9,5	18,4		
Obione portulacoïdes (« Paillusseau ») St Michel en l'Herm (Vendée) 29 mai....	14,0	16,4	27,3	41,1	15,2	2,3	12,0	8,8	11,6
Espèces de prairies alpines									
Col du Lautaret 22 juin 1959									
Meum Athamanticum.									
début floraison	21,5	12,1	8,9	61,3	17,7	19,2	8,4	8,1	9,6
Carum Carvi. pleine floraison	16,5	14,8	7,0	54,4	23,8	13,3	13,8	12,9	10,1
Laserpitium latifolium.	20,8	18,1	12,2	55,3	14,4	6,9	10,6	9,3	7,5
Polygonum alpinum...	17,3	23,6	6,6	52,7	17,1	1,5	10,7	11,1	14,8

N × 6,25 = Matières azotées totales.
E. N. A. = Extractif non azoté.
C. B. = Cellulose brute.
Gl. s. = Glucides solubles.
h. c. = Hémicelluloses.
C. hyd. = Cellulose, obtenue par hydrolyse.

La Luzerne est beaucoup plus cellulosique, surtout en première coupe. Enfin, le Sainfoin ne semble pas beaucoup mieux pourvu en Glucides solubles que les autres Légumineuses, sur la foi des premières analyses.

Dans le groupe des espèces diverses, le Plantain paraît assez riche en Glucides, il contient peu de Cellulose, enfin c'est un fourrage pauvre en Matière sèche (9 à 17 p. 100).

c) **Tournesols — Topinambours** (feuilles et tiges)

Dans les analyses de Tournesol (*Hélianthus annuus* L) variété *Grain gris strié* nous distinguerons les tiges et l'ensemble « Feuilles + Capitules » avec séparation de ces éléments dans des déterminations plus fines.

Un essai de coupes échelonnées nous permet de noter l'évolution de quelques constituants dans le tableau X ci-dessous.

L'évolution est classique jusqu'à la pleine floraison, puis la teneur en Glucides solubles des tiges diminue tandis que la teneur de la fraction

« feuilles + capitules » s'accroît, sans doute à la suite de phénomènes de migrations vers les capitules dont la masse relative augmente nettement vers la fin floraison.

Tableau X

Évolution d'un Tournesol, semé le 8 Mai 1956.

Éléments dosés	Dates 1956	Stades	Feuilles + Capitules	Tiges	Moyennes pondérées	% de feuilles + Capitules de la matière sèche
Matière sèche %	27-7	début floraison	12,5	5,1	9,0	53
	11-8	floraison	15,9	10,9	13,4	49,5
	20-8	pleine floraison	19,1	9,6	13,0	35,5
	3-10	fin floraison	12,3	12,9	12,6	46,5
Matières azotées totales % M. S	27-7		29,1	13,7	21,9	
	11-8		23,0	7,6	15,2	
	20,8		19,1	4,8	9,9	
	3-10		16,9	4,0	10,0	
Cellulose brute % M. S.	27-7		11,9	28,7	19,8	
	11-8		12,1	30,6	21,4	
	20-8		14,3	38,5	29,9	
	3-10		17,8	49,3	34,7	
Glucides solubles % M. S.	27-7		1,8	6,0	3,8	
	11-8		6,6	12,5	9,6	
	20-8		4,6	12,2	9,5	
	3-10		8,6	8.6	8,6	

Des résultats d'analyses plus détaillées de Tournesols et de Topinambours (*Helianthus tuberosus*) coupés en vert figurent au tableau XI

Tableau XI

Compositions de quelques Tournesols et Topinanbours en vert,

	Proportions constituants % M. S.	% M. S.	Composition % de la matière sèche: N × 6,25	Cendres	E.N.A.	C. B.	Gl. s.	h. c.	C. hyd.	Lignine
Tournesol :										
1958										
Feuilles ...	41,1	18,0	24,2	16,9	46,8	12,1	8,0	7,2	9,8	12,1
Tiges	41,1	14,4	6,8	6,6	46,5	40,1	14,7	13,8	26,9	11,9
Capitules .	17,7	12,0	14,1	7,1	65,4	13,4	28,5	8,6	18,7	6,4
1959 .										
Feuilles ...	43,0	23,3	23,4	15,5	52,1	9,0	3,4	13,7	15,7	11,2
Tiges	45,7	19,6	4,3	3,9	69,8	22,0	7,0	12,9	16,4	10,2
Capitules .	11,3	15,3	19,1	7,4	63,0	10,5	7,9	14,2	16,5	10,0
Topinambours										
10-8-1956										
Feuilles ...	35,1	21,3	16,2	17,2	52,6	14,4	1,4	8,0		
Tiges	64,9	9,7	5,8	8,3	54,4	31,5	17,4	10,1		
9-7-1957										
Feuilles ...	44,1	20,7	19,0	12,2	57,0	11,8	5,0	10,5		
Tiges	55,9	21,3	4,1	3,5	68,2	24,2	34,1	8,7		

On aperçoit de nombreuses analogies entre les deux espèces : les tiges et, dans le cas du Tournesol, les capitules sont les plus riches en Glucides solubles mais les teneurs sont très variables, probablement selon le stade d'évolution et selon l'année.

d) **Choux fourragers**

La proportion relative de feuilles et de tiges influe fortement la composition des Choux fourragers : cette proportion dépend dans une large mesure de facteurs culturaux. Ainsi, les Choux, en semis dense (semis direct) sont moins feuillus que les Choux repiqués, comme l'indiquent les quelques données du tableau XII ci-dessous.

TABLEAU XII

Choux : *Feuilles* p. 100 *de la matière sèche totale* (*moyenne de* 4 *répétitions*).

	1956	1957	1958	1959
Chou Moellier blanc	—	—	—	—
repiquage.........	71,6	58,0		60,6
semis direct	31,1	27,8	32,1	47,7
Chou Caulet des Flandres				
repiquage.........		—	—	73,6
semis direct..	—	—	44,4	56,2

Les Glucides solubles sont principalement localisés dans les tiges ainsi que le montre le tableau XIII ci-dessous, qui donne des détails

TABLEAU XIII

Composition des feuilles et tiges de quelques choux fourragers.

	Proportions des feuilles et tiges	% M. S.	Composition % de la matière sèche							
			N × 6,25	Cendres	E.N.A.	C. B.	Gl. s.	h. c.	C. hy.	lignine
Moellier blanc Semis direct 9 nov. 1959										
Feuilles ..	53,2	12,8	22,1	13,5		12,0	15,6	11,6	8,4	6,4
Tiges	46,8	15,0	13,8	7,5		18,1	30,4	12,1	14,7	5,5
Repiquage 18 nov. 1959										
Feuilles ...	54,4	16,1	17,5	11,9		11,8				
Tiges	45,6	15,4	12,5	9,2		16,1	32,6	10,7	12,0	4,4
Caulet des Flandres Semis direct 9 nov. 1959										
Feuilles ...	54,5	13,1	19,7	13,8		10,9	15,6	11,2	8,8	12,6
Tiges	45,6	21,8	7,6	5,8		25,0	29,9	13,8	18,2	7,0
Repiquage 18 nov. 1959										
Feuilles ...	73,7	14,9	15,2	10,3		12,1				
Tiges	26,3	25,4	10,9	5,0		27,9	23,9	16,7	18,3	7,1

sur la composition des feuilles et des tiges de deux variétés, le Chou *Moellier blanc* et le *Caulet des Flandres* (ou *Cavalier rouge*).

En règle générale, les semis directs correspondent à des feuilles plus riches en Azote, plus aqueuses : ce phénomène s'explique aisément par une sorte d'effeuillage naturel des feuilles de la base et du milieu des tiges dans des peuplements denses où ne subsistent que des bouquets foliaires terminaux, formés par les feuilles les plus jeunes.

Ainsi s'explique également la proportion moindre de feuilles dans les Choux de semis direct (peuplements denses), surtout marquée en années humides ; l'année 1959, particulièrement sèche, a provoqué un effeuillage naturel important, même sur les Choux repiqués et surtout sur le *Moellier blanc*.

Remarquons par ailleurs que le Chou *Caulet des Flandres* est plus feuillu que le *Moellier blanc* mais que ce caractère s'atténue ou disparaît dans le cas des semis directs.

II. — LES VARIATIONS DE LA COMPOSITION MINÉRALE

La composition minérale d'un fourrage dépend de nombreux facteurs, et en premier lieu de l'espèce végétale.

Certaines variations sont imputables au stade de développement de la plante : vieillissement des feuilles proportions $\frac{\text{feuilles,}}{\text{tiges}}$ par exemple.

D'autres variations dépendent selon toute vraisemblance, des conditions du milieu : climat, sol et fertilisation.

A. — Variations selon les espèces, les souches et les stades de végétation

a) Graminées fourragères pérennes

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES

Si l'on examine la physiologie globale d'une Graminée, l'on peut pressentir trois causes principales de variation de la composition chimique.

1° Les variations du rapport $\frac{\text{feuilles}}{\text{tiges}}$ au cours du ou des cycles d'épiaison.

2° Les variaions qui résultent du vieillissement des limbes foliaires.

3° Les variations liées aux rythmes d'activité des racines et des parties aériennes.

Examinons ces divers points.

La plupart des auteurs ont étudié les variations de la composition fourragère au cours du premier cycle, caractérisé par le développement

de l'épi et la variation rapide du rapport $\frac{\text{feuilles}}{\text{tiges}}$: FAGAN (31), FAGAN et JONES (32), FAUCONNEAU et JARRIGE (34).

Il est bien établi que feuilles et tiges présentent des compositions minérales très différentes.

Ainsi, FAGAN et JONES, pour des Ray-grass anglais, Dactyles et Fléoles, trouvent que les feuilles sont plus riches en Silice que les tiges, plus riches également en Calcium, en Magnésium, en Potassium et Sodium.

En liaison, avec ces différences de composition des feuilles et des tiges, FAGAN et JONES indiquent la variation de la teneur en Silice selon les saisons : minimum à l'épiaison (1 à 2 p. 100), maximum en automne et en hiver (jusqu'à 15-20 p. 100).

A cette cause de variations se superpose l'évolution de la composition des limbes foliaires.

D'après la plupart des auteurs, les feuilles, en vieillissant, s'enrichissent en Silice (par dépôt de cellules siliceuses et de cellules bulliformes, de spicules), en Magnésium, en Calcium (d'après FAGAN) et s'appauvrissent en Phosphore et en Potassium.

Cette évolution se réalise probablement à des vitesses différentes selon les saisons : elle serait rapide en été — ceci est à lier à l'élévation des teneurs en Calcium en périodes sèches (EVANS) — lente à l'approche de l'hiver — et ceci est sans doute une explication des teneurs maximales en Phosphore en fin de saison.

Au cours du premier cycle, il est probable que cette évolution de la composition des feuilles est perturbée par des phénomènes de migrations : migration du Phosphore et du Magnésium vers les tiges et les graines après l'anthèse...

L'étude de feuilles de référence de Dactyles, Fétuques élevées, Fléoles, Fromental prises à des dates échelonnées, montre de telles variations : diminution du taux d'Azote, du Potassium, accroissement de la teneur en Silice (HEDIN et LEFEBVRE 40).

L'évolution générale de la composition au cours du premier cycle est bien résumée par FEATHERSTONE et Coll. (35) sur Ray-grass anglais et Dactyle : entre le 5 avril et le 27 juin, l'on observe une chute de la teneur en Matières minérales, du Calcium, du Phosphore, du Magnésium, du Potassium et de la Silice.

Nous devons évoquer un dernier facteur de variation.

Si nous nous rapportons aux études de TROUGHTON (76) sur l'activité des racines des Graminées, nous remarquons que cette activité est maximale du début de l'hiver jusqu'au printemps et qu'elle décroît pour s'arrêter à l'épiaison, sauf chez les Dactyles et les espèces à racines pluriannuelles.

De l'automne au printemps l'absorption des matières minérales

est active et la croissance végétative ralentie : cette activité explique très probablement les teneurs très élevées au début du premier cycle de végétation, en Azote, en Phosphore, en Potassium par exemple.

Par la suite, la croissance s'accélère très rapidement et nous notons une dilution très rapide des éléments minéraux dans la masse totale de matière sèche, surtout nette pour le Phosphore, le Potassium, le Cuivre...

Étude de quelques variations observées

Les fourrages analysés nous permettent d'observer quelques différences entre espèces, entre cycles ou années ou à rapporter à des niveaux divers de fertilisation. Il ne s'agit que d'indications limitées à nos résultats analytiques.

Nous donnerons pour quelques éléments des graphiques retraçant l'évolution des teneurs en fonction des saisons et des stades de développement.

Silice

La teneur en Silice est minimale à l'épiaison et voisine de 1 à 2 p. 100. Elle s'accroît dans la pousse d'été pour devenir maximale en novembre et décembre, atteignant parfois 10 à 15 p. 100 de la matière sèche.

Nos observations rejoignent à cet égard celles de Fagan (31).

Il ne paraît pas exister de différences nettes entre les espèces étudiées : des espèces à consistance dure, come les Fétuques élevées ne contiennent apparemment pas davantage de Silice que des Ray-grass anglais ou des Dactyles, par exemple.

Calcium

La pousse de 2e cycle contient nettement plus de Calcium que celle de premier cycle à l'épiaison, ce qui semble logique.

Nous n'avons observé aucune différence très nette entre espèces : il semble toutefois que les Fétuques des prés, les Fétuques élevées et le Brôme inerme contiennent plus de Calcium que les Fléoles, Pâturins des prés et Fétuques rouges.

La teneur en Ca chute au cours du premier cycle, mais les règles de variation ne sont pas nettes pour les cycles suivants.

Les graphiques 28 et 29 retracent cette évolution pour la Fétuque élevée *S* 170, le Dactyle *S* 143.

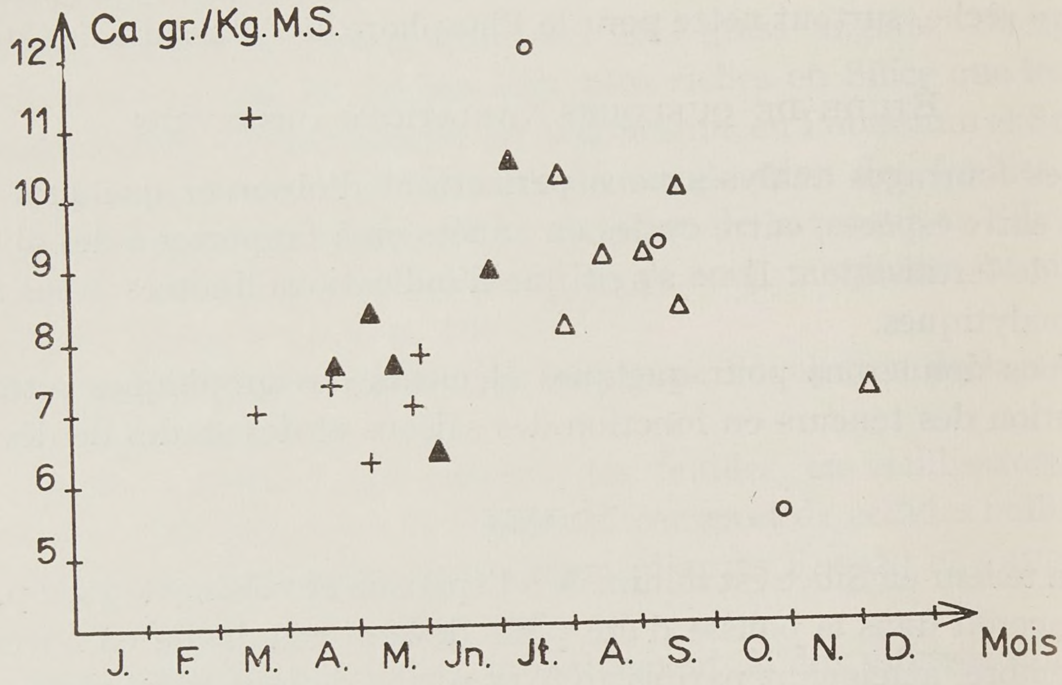
Magnésium

Les teneurs en Mg des Graminées varient largement, de 0,03 p. 100 à 0,40 p. 100 mais les causes de ces fluctuations ne sont pas toujours évidentes.

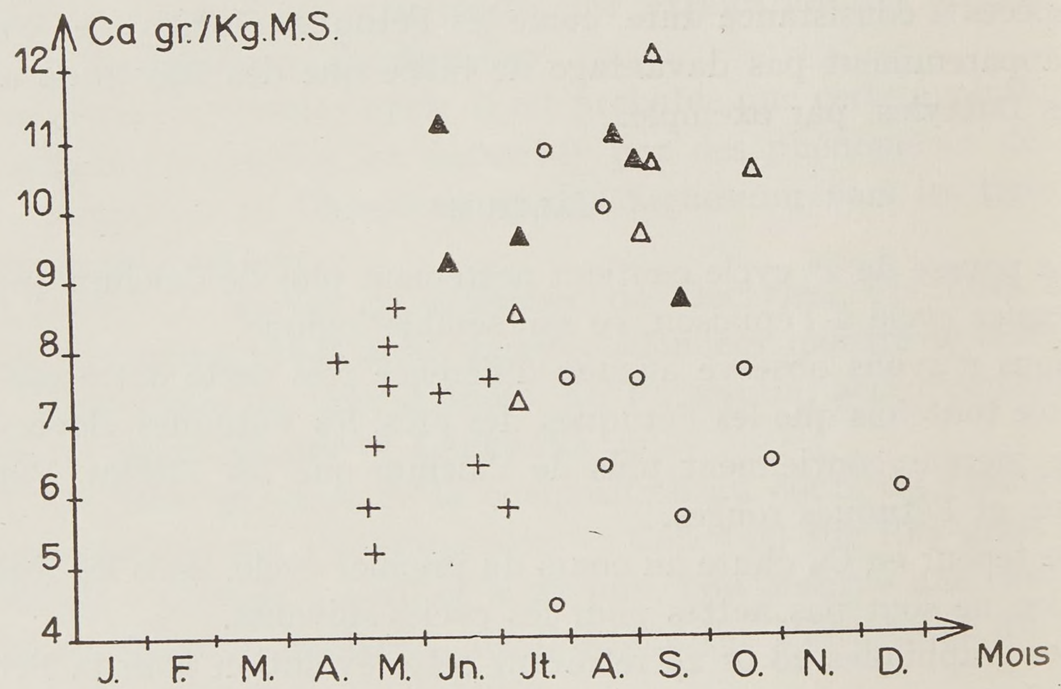
En général, nous observons une chute très nette de la teneur en

Mg à l'épiaison, particulièrement chez les Ray-grass d'Italie et les Fétuques des prés ; puis un enrichissement en 2e cycle.

Les Ray-grass anglais, Ray-grass d'Italie et les Fétuques, à stades



GRAPHIQUE 8. — Fétuque élevée "S. 170"



GRAPHIQUE 9. — Dactyle "S. 143"

de végétation comparables, semblent légèrement plus riches en Magnésium que les Fléoles et les Dactyles : remarquons que la teneur de 0,20 p. 100 parfois donnée pour limite inférieure pour les besoins en Mg des bovins n'est pas atteinte régulièrement par les Graminées observées.

SODIUM

Les espèces de Graminées diffèrent grandement par leurs teneurs en Na.

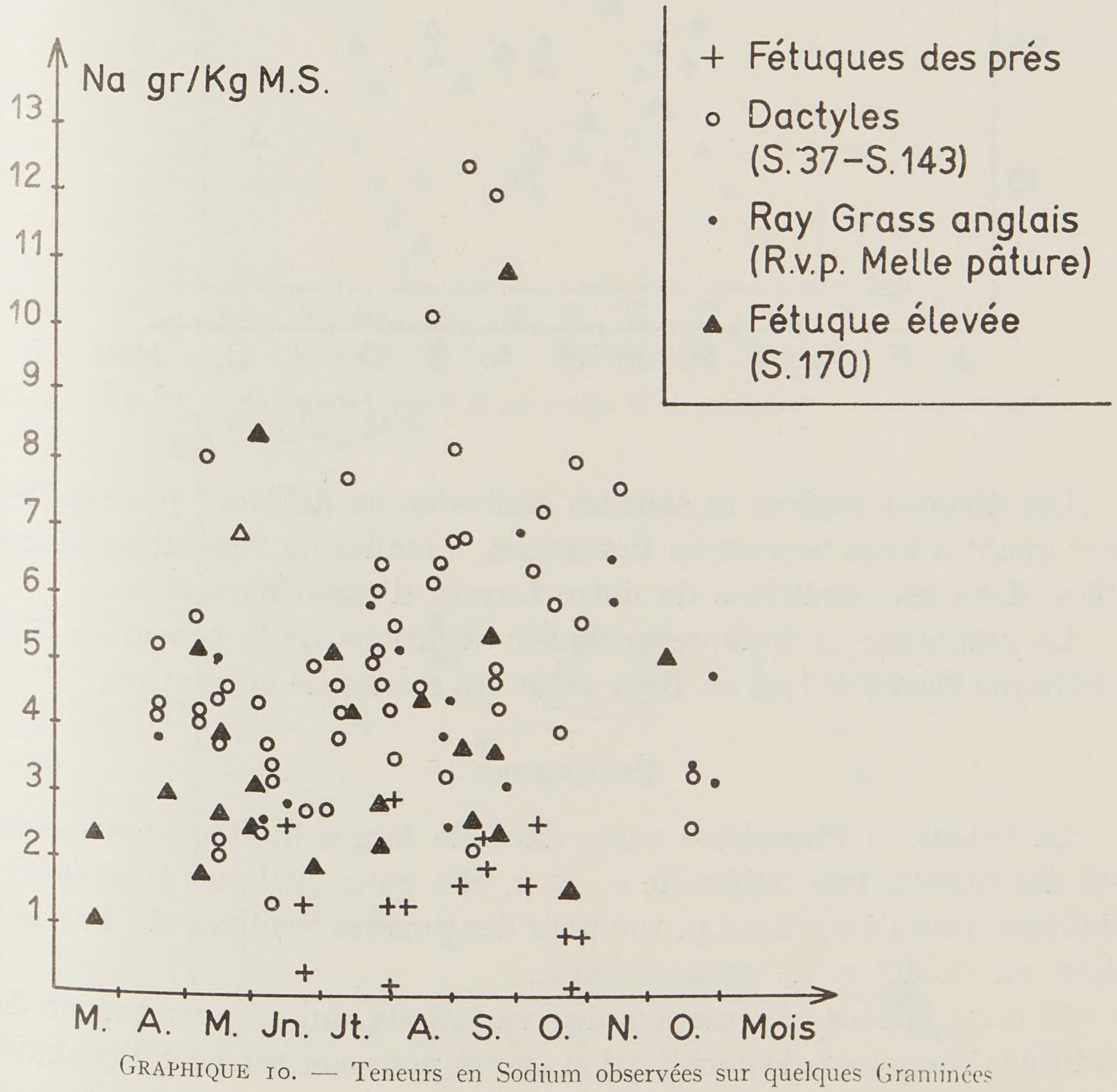
Nous distinguons très nettement un groupe d'espèces pauvres en Na : la Fétuque des prés, le Brôme inerme, la Fléole, la Fétuque rouge, le Pâturin des prés.

Les Ray-grass, le Dactyle, la Fétuque élevée sont beaucoup plus riches.

Nos observations ne sont pas en accord avec celles de t'HART (39) et de BOSCH (11) qui trouvent les Dactyles particulièrement riches en Potassium et pauvres en Sodium : sans doute s'agissait-il de Dactyles très jeunes provenant de parcelles fortement fertilisées en Azote et en Potasse.

Le Sodium est surtout abondant dans les feuilles : la teneur baisse à l'épiaison puis remonte au 2e cycle et aux cycles suivants.

Le graphique 10 indique quelques teneurs en Na observées pour 4 espèces : Ray-grass anglais, Dactyle, Fétuque des prés, Fétuque élevée, en fonction des saisons.

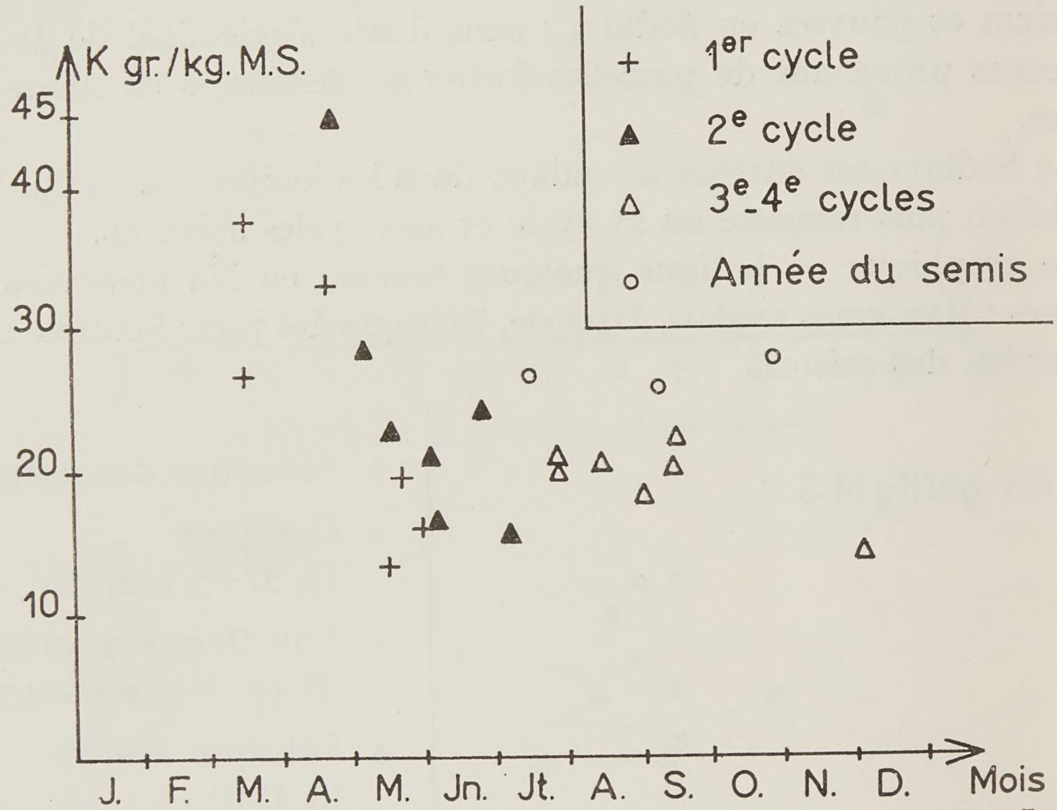


GRAPHIQUE 10. — Teneurs en Sodium observées sur quelques Graminées

On notera les teneurs minimales observées souvent en premier cycle et maximales en août, septembre. En 1959, année sèche et dans les conditions de notre terrain, des teneurs en Na supérieures à 1 p. 100 M. S. ont été observées sur le Dactyle *S* 143 et la Fétuque élevée *S* 170.

Potassium

Le Potassium est surtout abondant dans les plantes jeunes et sa teneur, élevée au début du premier cycle baisse rapidement au fur et à mesure de l'épiaison, pour remonter à un niveau inférieur dans les pousses des cycles ultérieurs.



Graphique 11. — Variations de la teneur en K d'une Fétuque élevée "S. 170"

Les diverses espèces et souches analysées ne diffèrent pas sensiblement quant à leurs teneurs en Potassium, à stades de végétation comparables, dans les conditions de notre terrain d'expérimentation.

Le graphique 11 indique quelques variations de la teneur en K de la Fétuque élevée *S* 170, en 1959, selon les stades de végétation.

Phosphore

La teneur en Phosphore varie dans de larges limites : nous avons noté des teneurs très faibles de 0, 12 p. 100 pour quelques Graminées à l'épiaison, jusqu'à 0,6 à 0,7 p. 100 pour des pousses feuillues de l'arrière-saison ou en début de premier cycle.

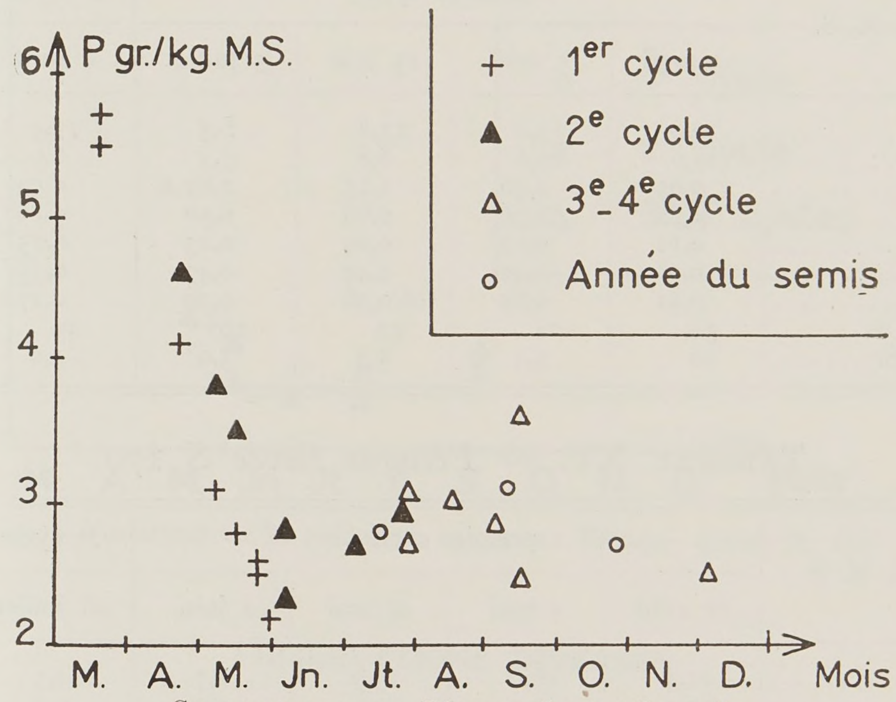
Si nous faisons abstraction des variations qui proviendraient des conditions de sol et de fertilisation, nous pouvons retracer l'évolution

normale de la teneur en Phosphore : maximum, en début de premier cycle, puis chute progressive et minimum à l'épiaison remontée aux repousses feuillues des cycles suivants, avec un maximum vers l'automne et l'hiver.

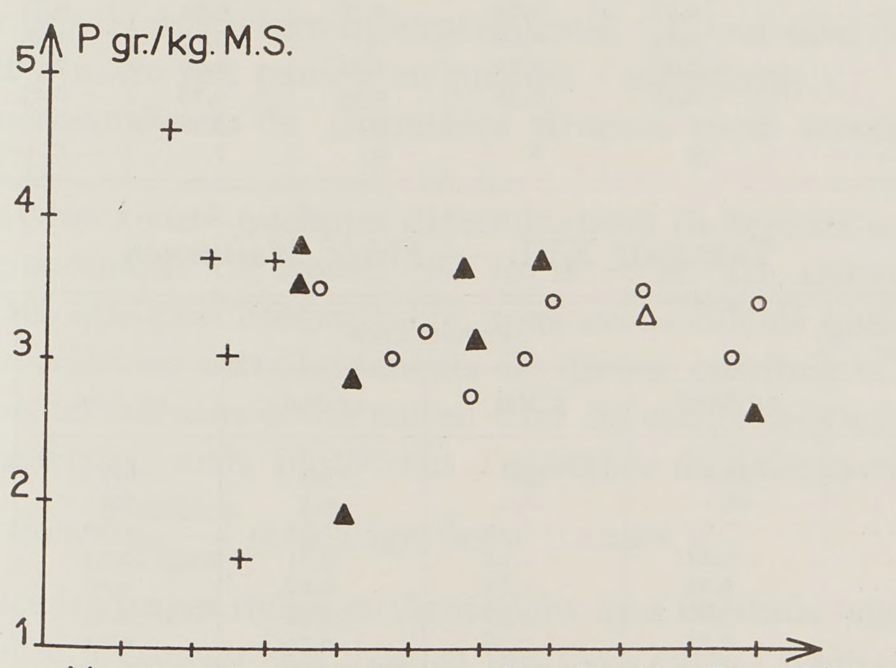
La teneur en Phosphore paraît d'ailleurs en liaison avec la richesse en Azote, c'est-à-dire avec les proportions $\frac{\text{Feuilles}}{\text{Tiges}}$ et le vieillissement des limbes foliaires.

A des stades végétatifs comparables, les diverses espèces et souches diffèrent très peu quant à leurs teneurs en Phosphore, dans les mêmes conditions de sol et de fertilisation.

Dans les graphiques 12 et 13 nous avons situé les variations de



GRAPHIQUE 12. — Fétuque élevée "S. 170"



GRAPHIQUE 13. — Ray-grass anglais "R. v. p. Melle pâture"

teneurs en P, selon les stades de végétation et les saisons, pour la Fétuque élevée *S* 170 et le Ray-grass anglais *Rvp Melle pâture.*

Cuivre et manganèse

En 1959, nous avons suivi l'évolution des teneurs en Cuivre et en Manganèse au cours du premier cycle de végétation sur coupes échelonnées, puis sur d'autres cycles. Les tableaux XIV, XV, XVI correspondent à quelques analyses minérales de Dactyle *S* 37, Fétuque élevée S 170 et Fléole *Maintenon.*

Tableau XIV. — *Dactyle S 37*

Composition % M. S.	premier cycle				2e cycle	3e cycle
	22 avril	5 mai	15 juin	3 juillet	4 août	21 sept.
N × 6,25	19,0	13,0	13,2	6,5	13,4	17,4
Cendres	11,0	10,6	8,8	7,3	6,9	8,1
SiO_2	0,93	1,70	1,15	2,87	0,93	1,37
Ca	0,82	0,76	0,66	0,52	0,86	1,17
Mg	0,12	0,12	0,09	0,23	0,25	0,24
Na	0,52	0,40	0,44	0,43	0,55	1,19
P	0,51	0,65	0,36	0,30	0,27	0,27
Mn mg/kg M. S.	54	24	22	16	49	56
Cu mg/kg M. S.	10	5,7	5,3	5,9	5,0	9,1

Tableau XV. — *Fétuque élevée S 170*

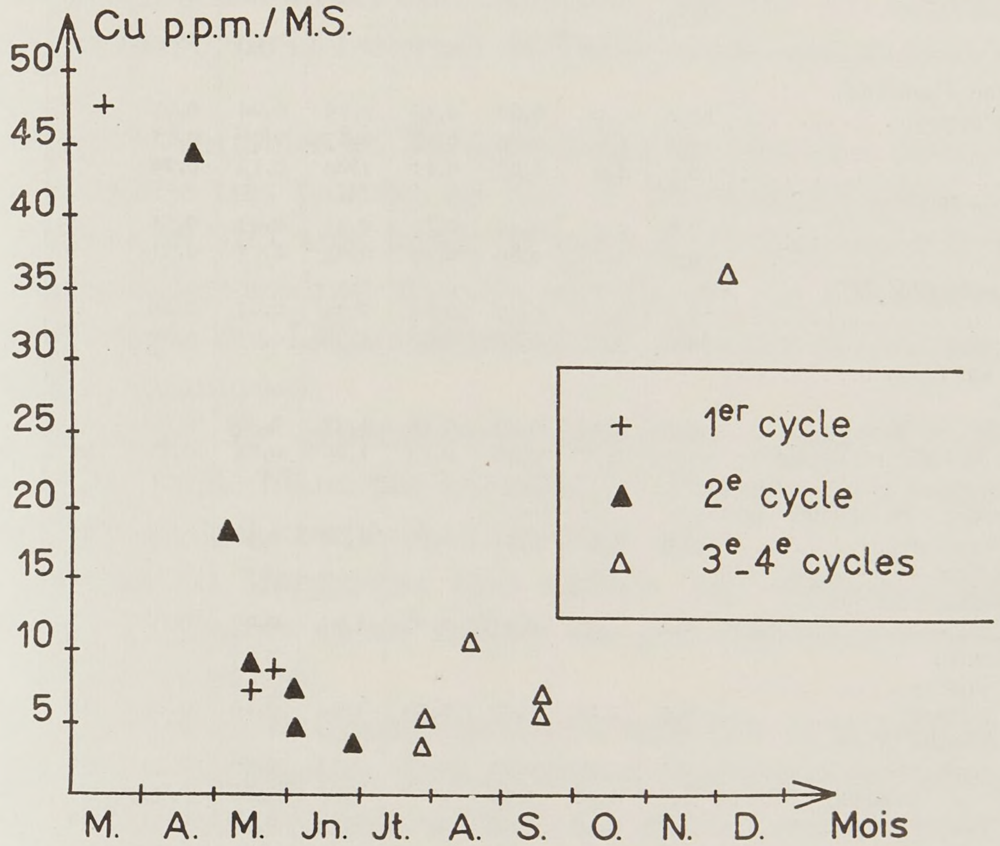
Composition % M. S.	premier cycle				2e cycle	3e cycle
	22 avril	5 mai	15 mai	2 juin	26 juillet	16 sept.
N × 6,25	21,5	16,6	13,9	8,7	14,3	14,3
Cendres	13,1	12,3	10,9	9,0	9,0	9,5
SiO_2	3,24	3,36	2,80	2,28	2,33	1,99
Ca	0,77	0,84	0,76	0,64	0,81	0,84
Mg	0,24	0,08	0,11	0,17	0,26	0,38
K	4,48	2,83	2,31	2,09	2,00	2,21
P	0,46	0,38	0,35	0,28	0,27	0,24
Mn mg/kg M. S.	49	27	60	23	26	54
Cu mg/kg M. S.	44	8	9	7	5	5,4

Tableau XVI. — *Fléole Maintenon*

Composition % M. S.	Premier cycle				2e cycle
	21 Avril	5 Mai	15 Mai	17 Juin	22 Août
N × 6,25	23,1	17,6	13,9	6,9	15,0
Cendres	10,1	10,0	9,3	7,2	7,5
$Si\ O_2$	1,03	1,31	1,33	1,30	1,17
Ca	0,82	0,72	0,81	0,75	1,09
Mg	0,24	0,15	0,12	0,09	0,16
K	3,66	3,38	2,78	2,05	1,40
P	0,55	0,46	0,39	0,23	0,25
Mn mg/kg M. S.	40	19	33	16	39
Cu mg/kg M. S.	44	12	10	4	4,2

Au fur et à mesure de l'épiaison, la teneur en Cuivre baisse rapidement à partir d'une teneur maximale élevée en début de printemps (voir aussi graphique 14 ci-dessous).

Les teneurs en Manganèse varient un peu dans le même sens.



GRAPHIQUE 4. — Variations de la teneur en cuivre sur Fétuque élevée "S. 170". Année 1959.

OBSERVATIONS DIVERSES

Nous avons noté des teneurs élevées en Ca et Na, faibles en K de plusieurs fourrages de notre terrain expérimental : il faut sans doute attribuer ce fait à notre sol, pauvre en potasse « assimilable ».

Quelques analyses de Graminées diverses sont rassemblées au tableau XVII.

Nous avons ajouté quelques déterminations de teneurs en Zn de la Station Agronomique de Rouen (E. JOUIS et M. Th. LECACHEUX.

Outre ces quelques observations, nous avons calculé quelques coefficients de corrélation entre les teneurs des divers constituants minéraux.

Nous ne devons sans doute pas en tirer de conclusions sur des antagonismes minéraux, mais plutôt sur l'existence de liaisons corrélatives aux proportions $\frac{\text{Feuilles}}{\text{Tiges}}$ et à l'âge des repousses.

Ainsi, les fourrages riches en Azote sont-ils à un stade feuillu et l'on doit s'attendre à trouver des liaisons positives entre l'Azote et les éléments abondants dans les feuilles (Na, SiO_2, P).

Tableau XVII

Composition minérale de quelques Graminées diverses.

	Cendres	SiO_2	Ca	Mg	K	Na	P	Mn	Cu	Zn
Brôme inerme *Parkland*										
Année du semis	10,1	2,0	0,62	0,33	2,79	0,04	0,67			
1er cycle	4,3	1,8	0,89	0,03	0,87	0,06	0,12			
2e cycle	8,7	4,0	1,02	0,12	1,64	0,13	0,29			
Fétuque rouge *49 V* 258										
1er cycle	7,8	2,3	0,49	0,12	2,35	0,07	0,31			
2e cycle	9,2	3,2	0,89	0,12	2,03	0,15	0,31			
Pâturin des prés *49 V 317*										
1er cycle	7,5	2,3	0,37	0,13	2,34	0,07	0,29			
2e cycle	8,8	3,2	0,86	0,08	1,66	0,21	0,30			
Puccinellia maritima										
1er cycle										
Tancarville (S. Mme)	8,2	2,2	0,43	0,19	1,31	0,38	0,20			
St-Michel en l'Herm (Vendée)	7,1	1,7	0,46	0,13	1,22	0,85	0,21	11	6	
Agropyrum repens										
Vases salées. St-Michel en l'Herm (Vendée)	9,9	3,4	0,41	0,16	1,68	0,96	0,23	32	18	
Festuca spadicea										
Début épiaison 22 juin Col du Lautaret	5,2	1,0	0,41	0,10	1,92	0,07	0,19	62	3,3	
Sesleria caerulea										
épiée 22 juin Col du Lautaret	8,7	2,11	0,96	0,29	1,94	0,19	0,24	44	4,1	
Ray-grass d'Italie *Rina*										
28 avril 1958 1er cycle	10,1	1,69	0,68	0,18	2,75	0,48	0,39	50	14,1	
30 juin — épiaison	6,6	2,38	0,79	0,26	1,08	0,21	0,24	37	6,3	88
16 oct. — feuillu	9,6	2,48	1,10	0,17	1,78	0,76	0,33	40	13,7	99
Dactyle *S 143*										
30 août 1958 2e cycle	8,8	2,02	1,07	0,08	1,28	0,68	0,32	32	10,0	72

Voici quelques valeurs trouvées, significatives à P = 0,05.

Ray-grass Anglais Rvp Melle Pâture

N — Na r = + 0,92

Ray-grass Anglais Rvp Melle Fauch

K — Na r = + 0,63
K — P r = + 0,58..
Na — P r = + 0,74

Dactyle S 143

Ca — Na r = + 0,50
Ca — P r = + 0,45
Mg — K r = + 0,56
K — Na r = + 0,47
Na — P r = + 0,66
N — Na r = + 0,56
N — P r = + 0,51

Dactyle S 37

Ca — Na r = + 0,73
Ca — K r = — 0,51
Ca — Mg r = — 0,74
Mg — Na r = — 0,55
N — SiO_2 r = + 0,70
N — P r = + 0,59

Fétuque des prés S 215

P — Mg r = + 0,57
P — K r = + 0,53
P — N r = + 0,77
N — SiO_3 r = + 0,60

b) Légumineuses. Espèces prairiales diverses.

Dans leur composition minérale, les Légumineuses présentent des différences sensibles avec les Graminées.

— Teneurs plus élevées en *Calcium* (L. MAUME, 51) surtout dans le cas du Trèfle blanc, de la Luzerne, du Trèfle violet, moins dans le cas du Sainfoin.

— Teneurs variables en *Sodium* : le Trèfle blanc est riche, le Trèfle violet, la Luzerne très pauvres en Na : P. M. HARMER (38).

— Teneur en SIO_2 très faible : d'après H. P. COOPER et E. E. HALL (18), la Silice interviendrait dans la physiologie des Graminées, tandis que la physiologie des Légumineuses serait axée sur le Calcium, associé à des acides organiques.

— Teneur en Mg généralement supérieure à celle des Graminées dans le cas du Trèfle blanc par exemple (L. MAUME, 51) du même ordre de grandeur pour la Luzerne (L. GUEGUEN, 37).

— Teneurs en Manganèse plus faibles que celles des Graminées, mais teneurs en Cuivre et en Cobalt un peu supérieures en moyenne (SKORY et HARTWIG, 70).

Leurs teneurs en Potassium sont très variables et en relation directe avec le niveau de richesse en potasse du sol : les Légumineuses que nous avons analysées proviennent surtout de notre terrain expérimental, pauvre en Potasse, en moyenne.

Leur richesse en Phosphore varie selon les espèces : les Trèfles blancs, composés presque uniquement de feuilles jeunes sont généralement riches. tandis que les Trèfles violets et les Luzernes qui comportent toujours une proportion importante de tiges contiennent moins de Phosphore que des Graminées.

Dans le tableau n° XVIII nous avons rassemblé quelques analyses de Légumineuses et d'espèces diverses.

Notons la richesse en Ca, Mg de quelques Ombellifères de montagne (*Meum Athamanticum* — *Carum Carvi* — *Laserpitium latifolium*), la richesse en cendres et en Na de l'*Obione portulacoides* (Salsolacées) qui contraste avec la pauvreté relative en Na des Graminées de vases salées (*Puccinellia maritima* — *Agropyrum repens*).

Le Plantain lancéolé semble assez riche en Cuivre, mais cette teneur n'est pas exceptionnelle. Sa teneur en Zinc est par contre élevée.

Il semble probable que la richesse moyenne des Graminées en cuivre soit du même ordre de grandeur que celle des Légumineuses, mais elle comporte des variations brusques, sans doute en rapport avec les périodes d'activité et de repos des racines, avec des phénomènes de « dilution » contrairement aux Luzernes et probablement au Plantain.

TABLEAU XVIII

	Composition % de la matière sèche							Oligo-éléments p. p. m.		
	Cendres	SiO_2	Ca	Mg	K	Na	P	Mn	Cu	Zn
Trèfle blanc *S 100*										
16 mai 1956 Floraison	10,3		1,40	0,34	1,65	0,41	0,38			
27 septembre	12,5		1,04	0,48	1,60	0,48	0,60			
Trèfle violet *Goliath*										
20 septembre Floraison	15,1		1,56	0,35	2,75	0,14	0,28			
Luzerne										
1re coupe 30 août 1958	7,4	0,15	2,60	0,09	0,41	0,18	0,27	17,2	11,8	79
1re coupe 10 juin 1959	8,7	0,15	2,47	0,74	0,85	0,20	0,22	26	10	
2e coupe 10 juil. 1959	8,5	0,08	1,84	0,26	1,85	0,31	0,30	72	8,9	
3e coupe 7 sept. 1959	8,4	0,19	2,18	0,28	0,71	0,63	0,28	34	16,6	
Sainfoin *F K* année du semis										
16 juillet 1959 Floraison	6,3	0,08	1,50	0,15	0,92	0,20	0,20	52	4,2	
31 août 1959 Floraison	7,3	0,46	1,48	0,35	1,37	0,32	0,23	46	10	
Plantain lancéolé										
Année du Semis										
8 juillet 1958	10,2	0,78	2,41	0,15	1,70	0,32	0,22	17,5	14,3	120
11 juillet Floraison	7,3	1,00	1,86	0,15	1,40	0,25	0,30			
1er sept. Floraison	9,4	1,10	1,65	0,23	1,04	0,31	0,28			
Millefeuille (*Achillea Millefolium*)										
15 mai feuillu	10,0	2,90	0,82	0,28	2,00	0,24	0,37			
13 juil. floraison	9,0	3,20	0,54	0,28	1,80	0,10	0,35			
Plantes d'alpages. Col du Lautaret (Hautes-Alpes)										
Meum Athamanticum										
début floraison	8,9	0,12	1,58	0,34	2,27	0,13	0,21	54	12,4	
Carum Carvi floraison	7,0	0,23	1,14	0,32	1,65	0,04	0,27	29	7,3	
Laserpitium latifolium										
feuillu	12,2	0,06	2,71	0,45	2,28	0,08	0,25	46	10,8	
Polygonum alpinum	6,6	0,14	1,02	0,26	1,83	0,22	0,38	61	9,4	
Obione portulacoides										
Vases salées. St-Michel en l'Herm, Vendée	27,3	1,03	1,25	0,70	2,42	3,27	0,24	14,1	8,8	

En définitive, si les pousses feuillues des Graminées présentent une teneur correcte en cuivre, cette dernière tombe parfois au-dessous des normes de 5 p.p. m. au stade épiaison.

c) Tournesols. Topinambours en vert.

Le Tournesol (*Helianthus annuus* L.) cultivé en fourrage annuel a été analysé avec séparation des tiges, d'une part, feuilles et capitules, d'autre part, en 1956 et 1957. En 1958 et 1959, feuilles, tiges et capitules ont été séparés.

Nous avons suivi en 1956 l'évolution de la composition sur trois coupes échelonnées (tableau XIX.)

Le vieillissement de la plante est marqué par la diminution progressive de la proportion de « Feuilles + Capitules » et dans cette fraction, par une baisse des teneurs en Ca et K.

L'évolution est beaucoup moins nette pour Mg et P et ceci s'explique

Tableau XIX

Évolution de la composition des tiges, feuilles et capitules d'un Tournesol en trois coupes échelonnées (1956).

	Proportion Feuilles + Capitules % M. S.	Composition % M. S.						
		Cendres	SiO_2	Ca	Mg	K	Na	P
Feuilles + Capitules								
27 Juillet-Début floraison	53,0	18,6	3,13	3,14	0,57	3,52	0,05	0,28
11 Août Floraison	49,5	16,5	0,98	2,91	0,41	3,04	0,04	0,35
3 Octobre Fin floraison	46,5	11,1	0,46	2,24	0,53	1,84	0,04	0,33
Tiges								
27 Juillet		14,2	0,56	1,53	0,44	3,78	0,20	0,20
11 Août		10,9	0,33	1,25	0,38	2,86	0,04	0,16
3 Octobre		4,5	0,09	0,76	0,25	0,79	0,08	0,08

aisément lorsque l'on analyse les capitules seuls, riches en P et Mg : l'importance de ces derniers s'accroît nettement après la floraison.

L'on peut supposer qu'il se produit des phénomènes de migration de certains minéraux comme Mg et P après la floraison, des feuilles et des tiges vers les capitules.

Notons aussi que les feuilles contiennent plus de SiO_2 que les tiges, caractère qui se retrouve dans le Topinambour.

Enfin, le Tournesol est une espèce pauvre en Na, mais riche en Mg.

Dans le tableau XX nous indiquerons quelques compositions détaillées de deux Tournesols et un Topinambour, récolté précocement en vert.

Tableau XX

Composition de quelques Tournesols et Topinambour.

	Composition % M. S.									
	Proportion des organes % M. S.	Cendres	SiO_2	Ca	Mg	K	Na	P	Mn p.p.m.	Cu p.p.m.
Tournesol « *grain gris strié* » 25 Septembre 1958 Pleine floraison										
Feuilles..............	41,1	16,9	0,63	3,61	0,34	2,07	0,10	0,28		
Capitules	17,7	7,1	0,14	1,12	0,94	1,61	0,07	0,33		
Tiges	41,1	6,6	1,05	00,6	0,22	1,48	0,10	0,06		
13 Octobre 1959 Tout début floraison										
Feuilles..............	43,0	15,4	0,84	4,51	0,72	1,02	0,14	0,21	94	9,0
Capitules	11,3	7,4	0,12	1,05	0,19	2,12	0,23	0,36	32	13,9
Tiges................	45,7	3,9	0,06	1,09	0,26	0,34	0,20	0,07	17	5
Topinambour « *D 21* » 9 Juillet 1957										
Feuilles		12,2	1,20	2,99	0,50	2,09	0,03	0,28		
Tiges		3,5	0,14	0,67	0,12	0,55	0,05	0,11		

d) **Choux fourragers.**

Si l'on analyse séparément les feuilles et les tiges de Choux l'on note les différences suivantes.

Les feuilles présentent des teneurs en SiO_2, Ca, Mg, Na, P, Mn et Cu supérieures à celles des tiges, tandis que les teneurs en K sont du même ordre de grandeur.

Les variations observées sur des plantes entières dépendent surtout des proportions $\frac{\text{feuilles}}{\text{tiges}}$ qui, nous l'avons vu, varient surtout selon les techniques culturales, le semis direct donnant des plantes moins feuillues que le repiquage.

Le tableau XXI donne quelques résultats d'analyse (1959).

TABLEAU XXI

Composition de quelques Choux.

	Composition % de la M. S.							p.p.m. M.S	
	Cendres	SiO_2	Ca	Mg	K	Na	P	Mn	Cu
Moëllier blanc 9 Novembre									
Feuilles	13,5	0,13	3,76	0,25	1,67	0,36	0,30	55	41,3
Tiges	7,5	0,06	0,80	0,14	2,00	0,26	0,17	5,3	6,0
Cavalier rouge (Caulet) 9 Décembre									
Feuilles	13,8	0,24	3,35	0,26	2,23	0,53	0,39	33,5	40,5
Tiges	5,8	0,04	0,72	0,10	1,72	0,50	0,20	7,3	40,1

e) **Fourrages verts divers. Racines et tubercules.**

Il n'est peut-être pas inutile de donner dans le tableau XXII quelques résultats d'analyses minérales de quelques fourrages peu étudiés ou des dosages plus détaillés comportant notamment Mn et Cu.

Le Maïs fourrage, le Pois, les Topinambours et Panais sont pauvres en Na, contrairement aux feuilles et collets de Betteraves, aux feuilles d'Artichauts.

Les racines contiennent très peu de P et Mg, mais tandis que la teneur en Ca des Topinambours reste faible, celle des Betteraves varie dans de larges limites (0,2 à 0,7 p. 100) : contrairement aux données de quelques tables alimentaires, nous avons toujours trouvé la teneur en Ca des Betteraves supérieure à la teneur en Mg et nos résultats seraient assez en accord avec les tables de MORRISSON (58).

TABLEAU XXII

Composition minérale de quelques fourrages divers.

	Composition % de la M. S.										p.p.m. M.S.	
	% M. S.	N × 6,25	Cellulose brute	Cendres	SiO_2	Ca	Mg	K	Na	P	Mn	Cu
Choux-fleurs. Feuilles. Plouvorn (Finistère)	13,5	21,0	13,6	13,9	0,50	2,05	0,44	4,00	0,23	0,45		
Artichauts-Feuilles. Pouvorn CETA du Haut-Léon.												
Feuilles des drageons	7,9	20,3	18,9	15,1	0,35	1,33	0,41	3,02	0,72	0,31		
Feuilles des hampes florales	11,8	23,4	14,9	14,5	0,35	1,32	0,41	4,03	0,20	0,28		
Maïs fourrage *Iowa 4417* grain laiteux												
Feuilles	16,4	15,9	23,3	6,4	2,16	0,77	0,30	0,99	0,06	0,30		
Tiges et épis ...	12,6	8,2	29,9	4,1	1,06	0,44	0,30	0,70	0,04	0,17		
Pois fourrager *Crista*. 7 juillet 1957...	22,3	17,6	26,2	12,2	0,20	1,15	0 20	1,42	0,04	0,25		
Feuilles et collets de betteraves.												
Rod Øtofte 1958	10,6	20,8	10,2	12,8	1,50	2,09	0,37	2,09	0,82	0,30		
Rod Øtofte 1959	17,0	15,7	11,2	29,1	4,27	3,72	0,03	1,73	0,83	0,16	103	2,3
Racines et Tubercules Betteraves :												
Gu« Daeno 1957 .	13,9	9,8	5,6	5,4	0,47	0,42	0,12	1,74	0,15	0,16		
Rod Øtofte 1958	18,3	6,0	4,8	4,3	0,98	0,54	0,09	0,89	0,16	0,11		
Rol Øtofte 1959	18,8	6,4	4,7	3,4	0,27	0,74	0,16	0,93	0,28	0,06	20	6,7
Topinambours *D 21*. 1959........	26,6	6,7	3,8	3,9	0,39	0,22	0,04	1,13	0,14	0,13	6,3	36
Panais Sizun (Finistère) 1956......	16,5	11,0	8,3	9,3	2,64	0,39	0,19	1,90	0,02	0,40		

B. — Variations des matières minérales liées aux conditions de sol et de fertilisation

a) Considérations générales.

L'influence du milieu nutritif, de la fertilisation par l'intermédiaire du sol, sur la croissance et sur la composition minérale des végétaux a suscité de nombreuses recherches que nous ne pouvons que résumer.

Divers auteurs ont étudié les lois qui gouvernent les échanges d'ions entre les racines et les solutions du sol.

Pour certains, les règles de l'absorption des ions s'expliquent par de simples lois physiques.

Ainsi, d'après CHAMINADE et BLANCHET (14) les vitesses d'absorption sont inversement proportionnelles aux diamètres des ions à l'état hydraté :
$NO_3^- > K^+ > PO_4H^{--} > PO_4H_2^- > Mg^{++} > Ca^{++}$: l'anion NO_3^- est le plus mobile, le cation Ca^{++} le moins mobile.

D'autres auteurs ont invoqué les équilibres de DONNAN ou vérifié la loi de BEAR : $\frac{\text{Cations}}{\text{Anions}} = \text{Constante}$, pour un végétal déterminé.

Ce dernier équilibre résulte de la nécessité, pour la plante, de maintenir relativement constant le pH de son suc cellulaire : il a été vérifié par DISKHOORN (26) sur le Ray-grass anglais, par MEHLICH et FIELDING REED (56) sur le Soja et l'Avoine.

Enfin, l'activité des racines dans les échanges de cations entre la plante et la solution ionique serait un facteur variétal et spécifique.

DRAKE, VENGRIS et COLBY (27) ont chiffré cette activité par la notion de capacité d'échange pour les cations et distingué deux grands groupes d'espèces :

— les monocotylédones, en particulier les Graminées, à faible capacité d'échange : 9 à 30 meq/100 g de racines sèches ;

— les dicotylédones à forte capacité d'échange : 30 à 50 meq/100 g de racines sèches.

A une capacité d'échange croissante correspondrait une baisse de l'énergie d'absorption des cations monovalents (Potassium) et une absorption de plus en plus marquée des cations bivalents (Calcium et Magnésium).

GRAY, DRAKE et COLBY (36), puis WALSH, KILROY et MAC-DONNEL (80) ont étudié les conséquences des différences entre capacités d'échange d'espèces prises deux à deux, dans le cas d'association « Graminée-Légumineuse » notamment pour la concurrence vis-à-vis de l'absorption de la Potasse.

Les Graminées, à faibles capacités d'échanges cationiques, absorbent peu de Calcium et de Magnésium comparativement aux Légumineuses, mais extraient beaucoup plus énergiquement la Potasse du sol : WALSH, KILROY et MAC-DONNEL (80) donnent une règle simple pour l'estimation du niveau de fertilité potassique du sol — il y a carence lorsque la teneur en Potassium de la Graminée est supérieure à celle de la Légumineuse associée.

Les phénomènes d'antagonismes, qui ne sont que des conséquences des règles signalées précédemment sont bien connus.

Ainsi, la fertilisation potassique entraîne un enrichissement de la plante en Potassium et une baisse de la teneur en Calcium, en raison de la mobilité beaucoup plus grande du cation K^+ : LUNDEGARDH (48), SCHARRER et JUNG (67), DEMOLON (24), YORK, BRADFIELD et PEEH (82), WADLEIGH (78) sur le Dactyle, BOSCH (11) sur diverses espèces prairiales.

Dans le cas du Dactyle, WADLEIGH, GAUCH et KOLISH (78) étudient l'influence de divers anions et cations : les chlorures enrichissent la plante en Chlore, les sulfates ont une action positive sur la teneur en Soufre et négative sur la teneur en Chlore, les sels de Sodium accroissent nettement la teneur en Na de la plante.

L'action antagoniste du Potassium sur le Sodium est montrée, par exemple par HARMER et Coll. (38), COPE, BRADFIELD et PEECH (19) sur la Luzerne, le Trèfle violet, le Trèfle Ladino : de fortes fumures potassiques abaissent considérablement la teneur en Sodium des plantes.

Toutefois, certaines espèces présentent des barrières physiologiques à l'absorption du Sodium (MAC-LEAN (49), COOPER et HALL (18)).

Le *Phalaris Arundinacea*, le Maïs sont dans ce cas et, tandis que leurs racines absorbent normalement le Sodium, leurs parties aériennes restent pauvres en cet élément qui est arrêté au niveau du collet.

Sur un plan plus agronomique, l'influence du sol et de la fertilisation sur les teneurs en éléments minéraux des plantes est abordée par de nombreux auteurs.

Nous avons signalé déjà l'influence de la fertilisation potassique qui entraîne une baisse des teneurs en Calcium et en Sodium des plantes, en règle générale.

La fertilisation phosphatée accroît la teneur en Phosphore des fourrages, surtout dans les sols carencés en cet élément, mais jusqu'à une limite difficile à dépasser, signalent JARRIGE et FAUCONNEAU (34).

Les teneurs en Calcium sont susceptibles de larges variations ; ainsi, SCHMEHL, PEECH et BRADFIELD (68) observent une variation de la teneur en Ca d'une Luzerne de 1 à 3 p. 100 sans que les rendements diffèrent, selon le Calcium échangeable des sols (tourbe à pH, 4,9 et Argile à pH 6,5).

La teneur en Calcium des Graminées varie davantage en fonction de leur stade de végétation et de la fertilisation potassique qu'en fonction du Calcium échangeable du sol, au moins dans des limites très larges.

D'ailleurs, il ne faut pas oublier que les rythmes différentiels d'activité des parties aériennes et des racines, les phénomènes de « dilution » ou de « concentration » des éléments minéraux absorbés sont d'importance primordiale dans les Graminées et que souvent les variations de teneurs selon les espèces et surtout selon le stade de développement dépassent en importance les variations qui pourraient résulter de la fertilisation.

Enfin, l'absorption des oligo-éléments est favorisée par des pH acides (Mn, B) sauf dans le cas du Molybdène, plus assimilable à pH alcalins.

Sur ces problèmes, l'on peut se reporter aux travaux de RYSET (64), WILLIAMS (81), MITCHELL (57).

b) Étude de quelques variations observées.

Pour examiner l'influence possible des conditions de sol sur la composition de quelques fourrages, nous avons groupé dans le tableau XXIII quelques résultats d'analyses de fourrages et des sols correspondants.

Les analyses de terre sont les suivantes :

— pH eau (rapport $\frac{\text{terre}}{\text{eau}} = 1$ et pH KCl (solution N de KCl) ;

— perte à la calcination, représentant une approximation de la Matière organique ;

— Azote KJELDAHL ;

— CO_3Ca ;

— tests MORGAN-BARBIER pour P_2O_5 et K_2O dits « assimilables » et exprimés en mg/kg de terre fine séchée à l'air ;

— cations échangeables, par percolation avec l'acétate d'ammonium N à pH 7 ;

— cations échangeables de la méthode MEHLICH (55) percolation avec Cl_2Ba tamponné à pH 8,2.

La méthode MEHLICH permet la détermination de Ca^{++} échangeable en sols calcaires, ce que l'acétate d'ammonium ne permet pas (nº 1 et 7, tableau XXIII).

En général, l'Acétate d'ammonium dissout le Carbonate de Calcium et les saturations en bases trouvées sont souvent par excès dans les sols calcaires ou récemment amendés, dans lesquels l'amendement n'est pas encore en équilibre avec le complexe absorbant. La méthode MEHLICH dans les mêmes sols donne les saturations en bases par défaut.

Que pouvons-nous déduire de ces quelques observations?

CALCIUM ET PHOSPHORE

Les Ray-grass d'Italie 1, 2, 3, 4, et 5 sont à des stades végétatifs assez comparables et leurs teneurs en Ca s'abaissent quand les saturations en bases diminuent. Cependant, cette diminution du taux de Ca reste faible par rapport à la variation du pH ou de la saturation en bases des sols.

Aux sols très riches en P_2O_5 dit « assimilable « MORGAN-BARBIER correspondent sans doute des fourrages riches en Phosphore (Nº 4, tableau XXIII) mais l'inverse n'est pas vérifié et beaucoup de sols de prairies qui paraissent pauvres en P_2O_5 portent des fourrages à teneur normale en Phosphore.

Ainsi, sur 78 échantillons de terre de notre terrain expérimental d'Isneauville, 9 seulement atteingnaient ou dépassaient 15 mg/kg de P_2O_5

Tableau XXIII

Composition minérale de quelques fourrages et analyses des terres correspondantes.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Analyse du fourrage %										
M. S.										
N × 6,25	20,7	23,5	17,3	25,0	23,9	23,3	23,5	18,6	7,6	8,0
Cellulose brute!	24,2	22,3	26,1	17,0	17,2	23,4	23,8	28,6	32,0	30,5
Cendres				15,2	10,0	10,0	10,5	9,7	6,0	4,8
SiO_2				4,49	2,12	1,07	2,07	1,90	0,46	0,46
Ca	1,10	0,82	0,70	0,84	0,73	0,57	1,05	0,89	0,58	0,80
Mg	0,17	0,22	0,15	0,36	0,19	0,21	0,16	0,27	0,17	0,17
K	1,78	3,33	2,66	3,39	3,28	3,20	2,20	2,83	1,80	1,16
Na	0,75	0,31	0,18	0,27	0,18	0,45	0,79	0,65	0,09	0,12
P	0,33	0,35	0,39	0,52	0,34	0,30	0,31	0,25	0,29	0,20
Mn	40	145	150	57	117	86			165	103
Cu	13,7	14	7,5	32	50	9,7			7,3	0,7
Zn	99	68	126							
Analyse de sol										
pH eau	7,5	5,6	5,3	6,8	5,2	4,2	7,3	5,4		
pH KCl	6,8	4,7	4,4	6,3	4,5	3,9	6,7	4,4		
Perte à la calcination	5,9	6,3	21,8	11,4	9,2	13,5	6,2	8,3		
N %°	2,30	2,42	4,48	4,39	3,76	4,14	2,47	2,73		
CO_3Ca %	0,62	0	0	tr.	0	0	0,64	0		
Indices Morgan-Barbier mg/kg										
P_5O_2	7	10	5	60	12	8	7	11		
K_2O	18,8	124	188	49	85	72	19	67		
Cations échangeables m. eq. % (acétate d'ammonium)										
Ca	—	6,94	4,36							
Mg	4,4	1,29	1,74				3,3			
K	0,09	0,64	0,94				0,16			
Total	9,3	10,7	14,5				11,7			
% saturation en bases	sat.	84	50,5				sat.			
Cations échangeables m. eq. % (méthode Mehlich)										
H^+	2,9	8		1,27	8,33	32,7		8,9		
Ca	15,3	7		33,5	9,33	2,46		7,0		
K	0,13	0,29		0,51	0,5	0,22		0,29		
Na	0,13	0,18		0,2	0,14	0,04		0,18		
Total	20,1	13,3		42,7	25,8	38,15		13,34		
% saturation en bases (Mehlich)	86	89		97	68	14,3		70		

1 : Ray-grass d'Italie — récolté le 16 Octobre 1958 — Isneauville (S. Mme).
2 : Ray-grass d'Italie *Rina* — récolté le 10 octobre 1958 — Domaine expérimental du Vieux-Pin (Orne).
3 : Ray-grass d'Italie *Rina* — récolté le 21 Septembre 1958 — Brasparts (Finistère) — défriche de bruyères : Podzol humique sur quartzites de Plougastel.
4 : Ray-grass d'Italie *Rina* — 1er cycle récolté le 9 Mars 1959 — Domaine expérmental du Vieux-Pin (Orne).
5 : *idem*
6 : Ray-grass hybride 11, feuillu — récolté le 28 Août 1959 — Brasparts (Finistère) sur défriche de bruyères.
7 : Dactyle S 143 — feuillu — récolté le 21 Octobre 1958 — Isneauville (S. Mme) .
8 : Dactyle S 143 — feuillu — récolté le 10 Octobre 1958 — Domaine expérimental du Haras du Pin (Orne).
9 : Foin de prairie naturelle (*Agrostis canina — Anthoxanthum odoratum — Carum verticillatum...*) Le Pavillon, Créances (Manche).
10 : Foin de Ray-grass d'Italie — Le Pavillon, Créances (Manche) — sur défriche de lande.

MORGAN-BARBIER, alors que les rendements et les teneurs en P des fourrages étaient élevés ou corrects.

De plus, le coefficient de récupération du Phosphore de la fertilisation était voisin de 1 dans de nombreuses parcelles.

Sans doute doit-on seulement mettre en cause l'efficacité de la méthode d'extraction MORGAN-BARBIER pour l'estimation de P_2O_5 réellement « assimilable » dans le cas particulier de sols de prairies, phénomène déjà signalé par HURIEZ et Coll. (42), EDWARDS (29) : un test positif indique un sol toujours bien pourvu en P_2O_5 « assimilable », un test négatif n'autorise pas de conclusion.

Une carence réelle en P_2O_5 n'entraînerait pas obligatoirement un manque de Phosphore dans le fourrage : il faut tenir compte de la quantité totale de P_2O_5 en jeu à l'hectare et par unité de temps.

Ainsi, une Graminée en début de premier cycle ne donne guère plus de 1 tonne de Matière sèche à l'hectare, tandis que ses racines sont restées actives une grande partie de l'automne et de l'hiver : la mobilisation de 10 kg/ha de P_2O_5 durant cette période ne paraît pas considérable, ce qui correspondrait à une teneur en Phosphore du fourrage d'environ 0,4 p. 100 M. S.

Les différences s'accentuent lors de l'épiaison par suite de phénomènes de « dilution », d'autant plus marqués que les rendements en foin ont été plus élevés et qu'il s'agit d'une Graminée à renouvellement annuel des racines (Ray-grass, Fétuques, Fléole).

Cette « dilution » est également très nette pour le Cuivre : les échantillons 9 et 10 du tableau XXIII en sont des exemples — le n° 9 correspondant à un foin de prairie naturelle de faible rendement et le n° 10 à un foin de Ray-grass d'Italie et Trèfle blanc obtenu sur un terrain semblable.

Dans la détermination des relations entre sol et fourrage, le stade de végétation et le niveau de rendement influent sans doute autant, sinon davantage, la composition minérale du fourrage que la fertilisation elle-même « sensu lato ».

POTASSIUM ET SODIUM

La teneur en Potassium semble varier surtout en fonction du stade de végétation, chez les Graminées, avec un maximum très marqué en début de premier cycle.

Sans doute peut-on supposer que les teneurs les plus élevées en Potassium correspondent soit à des sols fortement fertilisés, soit à des terres où l'ion K^+ est particulièrement mobile, comme les terres très calcaires. Souvent, à une forte teneur en Potassium correspond une faible teneur en Sodium.

Tel n'est pas le cas de nombreux échantillons de notre terrain expérimental d'Isneauville, pauvre en K_2O « assimilable » à l'analyse (terres nº 1,7 du tableau XXIII) et l'antagonisme de K_2O vis-à-vis de l'absorption de Na et Ca était probablement faible.

La faible fertilité potassique de notre terrain expérimental marquait d'ailleurs sur les teneurs comparées en Potassium des Graminées et Légumineuses associées, conformément aux thèses de T. Walsh, J. Kilroy et P. W. Mac-Donnel (80) : un manque de potasse « assimilable » correspondrait à une teneur en K supérieure de la Graminée sur la Légumineuse; en raison de la capacité d'absorption plus élevée de l'ion K^+ par la Graminée.

Voici quelques valeurs observées en 1959 (K p. 100 M. S.).

	10 Juin	11 Juillet	7 Septembre
Luzerne *F. D.* 100	0,85	1,85	0,71
Dactyle *S* 143	2,60	2,16	1,32
Année du semis	16 Juillet	31 Aout	
Sainfoin *F .K.*	0,92	1,37	
Ray-grass d'Italie *Rina*	3,09	2,23	

Il semble enfin que l'application de fumures apportant du Sodium, notamment le Nitrate de Soude, puisse enrichir certains fourrages en Na conformément aux indications de E. Radet (59-60).

Ainsi, nous avons analysé des échantillons de Dactyle « *S* 37 » d'un essai de formes d'Azote.

Traitement	Ca	K	Na
	Composition p. 100 M. S. (moyennes de 4 répétitions)		% M. S.
Nitrate de soude	0,76	2,68	0,82
Nitrate de Chaux	0,87	2,74	0,60
Nitrate d'ammonium + CO_3Ca	0,88	2,35	0,58
Sulfate d'ammonium	0,83	2,56	0,53

Seul l'enrichissement en Na à la suite d'application de Nitrate de Soude était à la limite de signification au seuil P = 0,05.

Autres éléments

Notons seulement, en accord avec les données de beaucoup d'Agronomes (22, 62), les variations des teneurs en Manganèse : l'absorption de cet élément s'accroît quand le pH diminue.

C. — Matières minérales et alimentation animale

Les fourrages doivent satisfaire aux exigences des animaux, en particulier pour un apport minéral correct, en Calcium, en Phosphore, en Magnésium...

C'est pourquoi l'examen des teneurs en matières minérales des principaux fourrages et l'étude des causes de leurs variations présentent un intérêt pratique évident.

Nous insisterons sur les besoins des ruminants, essentiellement ceux des bovins, car nous avons surtout analysé des fourrages dits « grossiers » : herbe de prairie, foins, fourrages verts divers.

a) **Calcium et Phosphore.**

Les normes minimales du bon apport phosphocalcique, exprimées en grammes par kg de matière sèche de la ration varient selon les auteurs.

Ainsi MAUME (52) donne un taux limite de 6,1 g de Ca.

Mais les données les plus récentes, données par exemple par J. COLEOU (16) dans le cas de vaches laitières correspondent à des teneurs en Calcium très inférieures : 3 à 6 g, tandis que l'apport minima de phosphore varie de 2 à 4,5 g — selon la production laitière.

Dans quelles conditions avons-nous observé des teneurs en Ca et en P en dessous de ces niveaux critiques de 0,30 p. 100 de Ca et 0,20-0,25 p. 100 de P?

Le manque de Calcium dans les foins et les fourrages verts est absolument exceptionnel et les faibles teneurs correspondent aux cas suivants :

— Quelques rares foins de mauvaise qualité de prairies sur sols acides (minimum observé 0,37 p. 100 de Ca).

— Graminées de prairies temporaires très fortement fertilisées, notamment en Potasse, en particulier des Dactyles avec une très faible proportion de Trèfle blanc (minimum observé 0,30 p. 100 Ca).

— Betteraves, Tompinambours, grains, Maïs, fourrage.

Les faibles teneurs en Phosphore sont plus fréquentes :

— Graminées à l'épiaison, sur sols apparemment pauvres en P_2O_5.

— Betteraves, Topinambours.

Dans un grand nombre de cas, les conditions défectueuses de récolte et de conservation — coupe trop tardive de Graminées égrenées — contribuent à l'abaissement de la teneur en Phosphore tout autant que la pauvreté présumée en P_2O_5 « assimilable » du sol.

Ainsi, nous avons analysé une série de foins provenant des zones témoins de Scrignac (Finistère) et de Loguivy-Plougras (Côtes-du-Nord) où les sols sont acides et réputés pour leur pauvreté en P_2O_5 : leurs teneurs en P descendait jusqu'à 0,12 p. 100 tandis que les teneurs en Ca étaient normales (0,37 à 0,82), mais il s'agissait de foins récoltés égrenés.

Les regains des mêmes herbages étaient bien pourvus en Ca et même en P (0,4-0,5 p. 100).

Contrairement à certaines croyances traditionnelles, il ne semble pas que le pH des sols influence beaucoup les teneurs en Ca et P des four-

rages, ni même les rendements sous réserve qu'il s'agisse de surfaces correctement fertilisées en Azote et Acide phosphorique : c'est un point qu'ont pu vérifier, par des expérimentations de longue durée, plusieurs Agronomes, tels A. ASLANDER (6-7) sur des associations Fléole-Trèfle violet, D. COLLIER et L. GACHON (17) sur des prairies naturelles.

Presque toutes les prairies temporaires bien fertilisées et exploitées que nous avons pu étudier donnaient des rendements élevés et des fourrages de composition normale jusqu'à des pH voisins de 5 — c'est le cas, par exemple, du Domaine expérimental du Haras du Pin (échantillons nº 2, 4, 5, 8 du tableau XXIII) et même 4,2 cas extrême (échantillon nº 6 du tableau XXIII).

Cela n'exclut pas l'existence de carences réelles en Acide phosphorique sur certains sols, soit très acides, soit très calcaires, mais ces carences peuvent généralement être corrigées par une fertilisation phosphatée bien étudiée sans qu'il faille attribuer une importance excessive au pH du sol.

Le Calcium fait rarement défaut pour la nutrition minérale, même à faible pH, et les fumures phosphatées généralement conseillées compensent largement les exportations par les récoltes.

Enfin, les besoins en Ca des bovins et ovins restent faibles et RUSSEL (65) n'a guère trouvé dans la littérature de relation de cas d'« acalcicose » vraie.

b) **Magnésium.**

On connaît mal les normes d'un bon apport magnésien : 1,7 à 2,5 g/kg de M. S. (0,17-0,25 p. 100) d'après J. COLEOU (16), 1 g (0,1 p. 100), d'après L. GUEGUEN (37), K. L. BLAXTER et R. F. MAC-GILL (10).

Cet élément serait rarement limitatif et les accidents d'hypomagnésihémie (tétanie d'herbage) ne découleraient que rarement d'une carence vraie primaire en Mg — J. LADRAT, P. LARVOR et M. BROCHARD (45).

Toutefois, si nous retenions les normes données par J. COLEOU (16), beaucoup d'échantillons analysés apparaitraient assez mal pourvus en Mg : quelques Graminées, les Betteraves.

Certaines Légumineuses feuillues, en particulier le Trèfle blanc, en proportion suffisante dans la prairie, constitueraient alors un facteur de sécurité pour un apport magnésien correct.

c) **Sodium et Potassium.**

J. LADRAT, P. LARVOR et M. BROCHART (45) rappellent les besoins minimals en Na et K des bovins, estimés par DUTOIT, dans F. C. RUSSEL et D. L. DUNCAN (66) : environ 0,5 p. 100 M. S. de K et 0,12 p. 100 de Na.

Nous pourrions aussi prendre le chiffre de 0,18 p. 100 de Na donné par SJOLLEMA d'après MAZOYER (53) pour des vaches laitières produisant 15 litres de lait par jour.

Beaucoup de Graminées, le Trèfle blanc, les Betteraves, les Choux fourragers contiennent alors suffisamment de Sodium, du moins sous nos climats maritimes, sauf les Fléoles, les Fétuques des prés, certains rares Dactyles et Ray-grass d'Italie, la Luzerne, le Trèfle violet, le Tournesol.

Dans certaines conditions (climats continentaux — sols calcaires) une teneur suffisante en Sodium est difficilement assurée dans les fourrages, d'après RADET (59-60) puis J. GARAUDEAUX pour la Champagne crayeuse.

D'autre part, une teneur en Sodium de 0,12-0,18 p. 100 M. S. reste insuffisante en période de pâturage, rappelle GUEGUEN (37) ceci en raison des pertes de Na consécutives à l'ingestion de fourrages verts riches en eau : des teneurs de l'ordre de 0,6 p. 100 M. S. conviendraient mais restent assez exceptionnelles, sauf dans certains Dactyles, Ray-grass et Fétuques élevées, aux stades feuillus, en climats maritimesr

Enfin, si nous adoptons la norme minima de 0,5 p. 100 M. S. de Potassium, les animaux disposeront toujours dans leur ration de larges excédents de cet élément.

d) **Manganèse et Cuivre.**

L'apport minima en Manganèse et en Cuivre, pour des bovins, correspondrait à 5 p. p. m. de Cu (G. C. REDLICH (62)) et 20 p. p. m. de Mn (COPPENET (22)), un apport correct à 7-10 p. p. m. de Cu et 60-80 p. p. m. de Mn (G. C. REDLICH (62)).

Nous avons rarement observé des teneurs en Manganèse inférieures à 20 p. p. m. : cette carence serait fréquente sur de nombreux sols granitiques et granulitiques qui reçoivent des amendements calcaires en excès et où le pH optimum se situerait un peu en dessous de pH 6 (COPPENET, 20-22).

Cependant les symptômes visuels de la carence en Manganèse apparaissent un peu avant que la teneur des végétaux tombe au-dessous de 20-25 p. p. m. M. S., sur toutes les espèces sensibles, notamment la plupart des Graminées.

Des déficiences en Mn pour les bovins ne semblent susceptibles de se manifester que dans des zones sensibles à la carence en Mn, pour une alimentation à base d'espèces peu exigeantes en cet élément, comme beaucoup de Légumineuses, le Ray-grass d'Italie...

Les déficiences en Cuivre paraissent plus préoccupantes et nous avons noté des teneurs inférieures à 5 p. p. m. jusque sur des fourrages de notre expérimentation.

Par suite de phénomènes de « dilution », les carences en Cuivre sont surtout nettes dans le cas de Graminées à l'épiaison et probablement d'autant plus graves que le sol est originellement moins pourvu en cet élément et que la culture est plus intensive, les rendements en fauche plus élevés.

Beaucoup de Graminées (Ray-grass d'Italie...) souffrent très peu dans leur rendement d'une carence en Cuivre, alors que les Légumineuses y sont sensibles.

Il semble donc probable que, sur de nombreuses surfaces fourragères très intensives, des apports de Cuivre dans la fertilisation soient souhaitables, de même que des apports d'autres éléments comme Mg, S. dont le rôle paraissait négligeable en exploitation plus ou moins extensive.

VI. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Le présent travail a permis d'envisager divers aspects du problème des variations de la composition organique et minérale de quelques fourrages, non seulement au cours du développement de la plante, mais aussi en fonction des conditions de sol et de fertilisation.

Certains dosages apparaissent peu satisfaisants, notamment ceux de l'Insoluble formique et des Hémicelluloses, bien qu'ils contribuent à préciser la composition détaillée de la plante, ceci en raison de leur forte liaison avec la détermination de la Cellulose brute qui reste encore, pour les zootechniciens, une donnée essentielle pour la calcul de la digestibilité et de la valeur fourragère.

Pour d'autres éléments plus classiques de l'analyse — la Matière sèche, les Matières azotées totales, la Cellulose brute, les Glucides solubles, le Calcium, le Phosphore, le Magnésium, le Potassium et le Sodium — nous avons pu préciser quelques aspects de la variation des teneurs selon les espèces et les stades de végétation.

Nous avons retrouvé les règles classiques définies depuis longtemps par les chimistes, plus récemment précisées par FAUCONNEAU et JARRIGE (34) pour la fraction organique, L. GUEGUEN (37) pour la partie minérale : augmentation de la Cellulose brute et de la Matière sèche, diminution du taux d'Azote avec le vieillissement, par exemple.

Toutefois, nous avons étendu les déterminations analytiques à nos principales Graminées, suivies pendant plusieurs années, à des espèces fourragères variées cultivées (Choux, Tournesol, Betteraves...) ou spontanées, dont nous avons précisé en outre les teneurs en SiO_2, Mn et Cu, dosages assez rarement réalisés.

Il nous est apparu, par exemple, une loi de variation de la teneur en Cuivre, assez semblable, pour quelques Graminées à celle de la variation de la teneur en Phosphore.

Nous avons pu déterminer également quelques caractères distinctifs de la composition de certains fourrages : fourrages riches en Sodium (Dactyle, Fétuque élevée, Ray-grass, Choux) ou pauvres (Fétuque des prés, Fléole, Brôme inerme, Tournesol) plus ou moins pourvus en Calcium et en Glucides solubles, par exemple.

D'un point de vue théorique, les variations de composition en fonction de caractéristiques de sol et de fertilisation, sont bien connues.

Toutefois, d'un point de vue pratique, il faut bien reconnaître que les résultats de l'analyse minérale, ainsi que les rendements observés présentent plus d'importance que l'analyse de terre elle-même qui ne fournira le plus souvent qu'un élément de discussion « a posteriori ».

Nous avons essayé d'examiner quelques couples « Analyse de fourrage-Analyse de terre » et avons observé des faits intéressants, mais, bien souvent l'on ne note aucune concordance visible entre la composition du fourrage et la composition du sol.

Une première correction consiste à tenir compte de la physiologie et en particulier, du rythme d'activité des racines et des parties aériennes, ce qui indique clairement que l'on n'est strictement en droit de comparer deux fourrages que s'il s'agit d'une même espèce, prise au même stade de végétation.

Avec cette amélioration, il n'en reste pas moins que les analyses de terre restent des analyses « conventionnelles et qu'il ne faut pas confondre les éléments dits « assimilables » avec les éléments dont la plante tire parti en réalité d'une part, les teneurs en ces éléments dans le fourrage d'autre part.

Il est bien connu, par exemple, que la « mobilité » d'un élément dans le sol a souvent une importance aussi grande que sa teneur pour conditionner la « fertilité ».

D'autre part, les capacités d'absorption d'un cation ou anion par les racines dépendent beaucoup de l'espèce et de la variété, notamment vis-à-vis du Calcium et du Potassium.

Enfin, il faudrait considérer les exportations en éléments fertilisants par unité de temps comme mesure de fertilité et, pour un sol « pauvre » l'on peut s'attendre à une corrélation inverse entre la teneur du fourrage en Phosphore et le rendement en Matière sèche. La teneur en Phosphore sera parfois suffisante quand la production est faible (prairies naturelles, regains).

La composition du fourrage ne reflète guère bien souvent la composition du sol, comme le voudraient certaines croyances répandues.

Notre documentation apparaît donc fort incomplète et de nombreux essais de fertilisation sur des variétés bien définies seraient encore nécessaires.

Enfin, notre connaissance reste très partielle quant aux facteurs de

variations de la composition de fourrages de prairies naturelles : ceci supposerait des analyses des plantes diverses les plus communes, analyses que nous avons réalisées sur quelques rares espèces — et il faut bien reconnaître que la documentation manque sur ce sujet.

RÉSUMÉ

L'analyse de nombreux fourrages a permis de préciser quelques règles de la variation de leur composition organique et minérale.

Nous avons rappelé diverses méthodes d'analyse et indiqué les variations observées de composition de fourrages annuels, racines et tubercules, Légumineuses... et surtout Graminées pérennes.

Outre les analyses classiques, nous avons déterminé quelques teneurs en oligoéléments : Cuivre et Manganèse.

Enfin, nous avons examiné l'influence du sol et de la fertilisation et rappelé quelques aspects zootechniques de l'analyse des fourrages.

Reçu pour publication en mars 1960.

SUMMARY

Aspects of variations in the composition of some forages according to the species the growth-stages and the conditions of soil and fertilization.

By the analysis of many forages, it has been possible to precise some laws of variation of their organic and mineral composition. We have reported various methods of analysis and recorded the observed variations in the composition of annual forages, roots and tubers, legumes, and specially perennial grasses.

In addition to the standard analyses, we have determined some trace element contents : copper, manganese.

At last, we have examined the influence of soil and fertilization and recalled a few zootechnical aspects of forage analysis.

ZUSAMMENFASSUNG

Bild der Zusammensetzungsvariationen einiger Futtersorten in Bezug auf die Arten, das Vegetationsstadium, die Bodenud die Düngungsverhältnisse.

Dank der Analyse von vielen Futterproben konnten einige Variationsgesetze ihrer organischen und mineralischen Zusammensetzung bestimmt werden.

Nach der Wiedergabe von verschiedenen Analysenmethoden wurden die beobachteten Zusammensetzungsvariationen von einjährigen Futtersorten, Wurzeln und Knollen, Leguminosen und in der Hauptsache perennierenden Gräser angegeben.

Ausser den klassischen Analysen wurde ebenfalls der Gehalt an einigen Spurenelementen (Kupfer und Mangan) bestimmt.

Schliesslich wurde der Einfluss des Bodens und der Düngung untersucht und einige tiezüchterische Gesichtspunkte der Futteranalyse erwähnt.

Изменения состава нескольких кормовых растений, в зависимости от вида, вегетативнаго периода, почвенных условий и удобрений.

М. КЕРГЕЛЕН.

РЕЗЮМЕ

Анализ многочисленных кормовых растений позволил уточнить несколько правил вариации органическаго и минеральнаго состава.

Мы перечислили различные методы анализа и означили наблюденные изменения годовых кормов, корнеплодов, клубней, бобовых и особенно многолетних трав.

Помимо классических анализов мы определили несколько содержаний по олиго-элементам : медь и марганец.

Наконец, мы исследовали влияние почвы и удобрения и напомнили зоотехническую точку зрения анализа кормовых растений.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Alquier (J.). — Méthodes d'analyse des aliments solides d'origine végétale. *Ann. Sci. Agron.*, 2e année, **1**, 47-103, 1907.

(2) Alquier (J.). — *Analyse élémentaire des substances végétales.* Masson et Cie (Paris), 159 p., 1899.

(3) Alquier (J.). — *Analyse immédiate des aliments végétaux du bétail.* Masson et Cie (Paris), 183 p., 1901.

(4) Alquier (J.). — Détermination qualitative et quantitative des indéterminés et inconnus des substances végétales alimentaires du bétail. *Bull. Hyg. Alim.* XXVI, 3-4, 119-133, 1938.

(5) Armstrong (D. G.), Cook (H.) and Thomas (B.). — The lignin and cellulose contents of certain grassland species at different stages of growth. *J. Agric. Sci.*, **40**, 93-99, 1950.

(6) Aslander (A.). — Standard Fertilization and liming as factors in maintaining soil productivity. *Soil. Sci.*, **74**, 3, 181-195, 1952.

(7) Aslander (A.). — Standard fertilization and the quality of crops. *Soil Sci.*, **74**, 6, 431-442, 1952.

(8) Bertrand (G.) et Silberstein (L.). — Teneur en manganèse d'environ cinq cents échantillons de phanérogames. *Ann. Agron.*, **4**, 523-535, 1955.

(9) Blaser (R. E) and Brady (N. C.). — Nutrient competition in plant associations. *Agron. J.*, **42**, 128-135, 1950.

(10) Blaxter (K. L.) and Mac Gill (R. M.). — Magnesium metabolism in cattle. *Vet. rev. and annot.*, **2**, 35-55, 1956.

(11) Bosch (S.). — Influence de certains facteurs sur la composition minérale des herbages. *Confér. Europ. Herbages*, 21-24 juin 1954, 206-211.

(12) Bradshaw (A. D.) et al. — Experimental investigations into the mineral nutrition of several grasses species. Part I. Calcium level. *J. of Ecology*, **46**, 3, 749-757, 1958.

(13) Brauns (F E.). — *The chemistry of lignin.* Academic Press Inc. (New York), 808 p., 1952.

(14) CHAMINADE (R.) et BLANCHET (R.). — Recherches sur la nutrition minérale des végétaux supérieurs. *Ann. Agron.*, **5**, 754-757, 1955.
(15) CHARLET-LERY (G.), FRANÇOIS (A.) et LEROY (A. M.). — L'analyse des aliments destinés aux animaux et l'interprétation des résultats qu'elle fournit. *Ann. Zootechnie*, **1**, n° 3, 45-61, 1952.
(16) COLEOU (J.). — Minéraux, vitamines, antibiotiques dans l'alimentation de la vache laitière. *Revue de l'Elevage*, n° spécial, 87-106, 1957.
(17) COLLIER (D.) et GACHON (L.). — Essais de fertilisation sur prairies permanentes fauchées en Auvergne et Forez. *Ann. Agron.*, **6**, 867-902, 1957.
(18) COOPER (H. P.) and HALL (E. E.). — Differential in potential production and in utilization of nitrogen and potassium by calcium-accumulating and silicon-accumulating crop plants. *Soil. Sci.*, **79**, 6, 441-458, 1955.
(19) COPE (J. T.), BRADFIELD (W. R.) and PEECH (M.). — Effect of sodium fertilization on yield and cation content of some field crops. *Soil Sci.* **76**, 1, 65-74, 1953.
(20) COPPENET (M.). — En Bretagne, deux oligo-éléments d'importance. *B. T. I.* n° 108, 155-163, 1956.
(21) COPPENET (M.), DUCET (G.), CALVEZ (Mme J.) et BATS (J.). — Microdosage colorimétrique du cuivre dans les végétaux par la 2-2' Diquinoléine. *Ann. Agron.*, **4**, 597-600, 1954.
(22) COPPENET (M.). — Le manganèse dans les sols de Bretagne et ses relations avec la croissance des végétaux. *Ann. Agron.*, **2**, 155-218, 1959.
(23) DEMOLON (A.). — *La dynamique du sol.* Dunod (Paris), 487 p., 1938.
(24) DEMOLON (A.). — *Croissance des végétaux.* Dunod (Paris), 302 p., 1934.
(25) DE VRIES (P.). — Verband tussen het drooggewicht, het versgewicht en de groeistadin van drie grassoorten en varieteiten. (Relation entre la matière sèche, la matière verte et les stades de croissance de 3 espèces et variétés de Graminées). *Jaarboek I. B. S.*, Wageningen, 155-158, 1957.
(26) DIJKSHOORN (W.). — Over de groote van basentotaal en basenoverschot bij Engels Raaigras. (Relations entre anions et cations chez le ray-grass anglais). *Jaarboek I. B. S.*, Wageningen 141-154, 1957.
(27) DRAKE (M.), VENGRIS (J.) and COLBY (W. G.). — Cation-exchange capacity of plant roots. *Soil Sci.*, **72**, 2, 139-147, 1951.
(28) DUCET (G.), BATS (J.) et DUPOUY-BRAS (Mme). — Méthodes de dosage colorimétrique rapide. *Ann. Agron.*, 367-381, 1951.
(29) EDWARDS (G. K. A). — Observations on the response of crops to rock phosphate. *VIe Congrès Intern. Sci. Sol*, D, 13-20, 1958.
(30) EVANS (T. W.). — The chemical composition of pasture grass under different systems of management. *Welsh J. Agric.*, VII, 255-267, 1931.
(31) FAGAN (T. W.) and MILTON (W. E. J.). — The chemical composition of eleven species and strains of grasses at different stages of maturity. *Welsh J. Agric.*, VII, 246-255, 1931.
(32) FAGAN (T. W.) and JONES (H. T.). — The nutritive value of grasses as shown by their chemical composition. *Welsh Plant Breed.Station*, Sér. H, n° 3, 85-130, 1920-1923.
(33) FAUCONNEAU (G.). — Les acides organiques des plantes fourragères. *Ann. Agron. Physiol. Végét.* I, 1-13, 1958.
(34) FAUCONNEAU (G.) et JARRIGE (R.). — Composition chimique et valeur nutritive de l'herbe. *B. T. I.* n° 118, 173-214, 1957.
(35) FEATHERSTONE (J.), RICKABY (C. D.) and CAVELL (A. J.). — Variations in the progressive yield and chemical composition of grassland herbage during a period of 3 months' growth. *J. Brit. Grassl. Soc.*, **6**, 161-166, 1951.
(36) GRAY (B.), DRAKE (M.) and COLBY (W. G.). — Potassium competi-

tion in grass-legume associations as a function of root cation exchange capacity. *Proc. Soil Sci. Amer.*, **17**, 235-239, 1953.

(37) GUEGUEN (L.). — Etude de la composition minérale de quelques espèces fourragères. Influence du stade de développement et du cycle de végétation. *Ann. Zootechn.*, **8**, 3, 245-268, 1959.

(38) HARMER (P. M.) and al. — Factors affecting crop response to sodium applied as common salt on Michigan muck soil. *Soil Sci.*, **76**, 1, 1-17, 1953.

(39) t'HART (M. L.). — Some problems of intensive grassland farming in the Netherlands. *7th Internat. Grassl. Cong. Proc.*, 70-79, 1956.

(40) HEDIN (L.) et LEFEBVRE (J. M.). — Recherches sur la caractérisation chimique d'espèces ou de variétés de plantes fourragères et prairiales. 1er mémoire. *Ann. Amél. Plantes*, **1**, 55-98, 1952.

(41) HEDIN (L.), LEBEBVRE (J. M.) et KERGUELEN (M.). — Recherches sur la caractérisation chimique d'espèces ou de variétés de plantes fourragères et prairiales. 2e mémoire. *Ann. Amél. Plantes*, **4**, 469-503, 1954.

(42) HURIEZ (H.), PAILLUSSEAU (E.) et BOUVATTIER (C.). — Etude des terres de prairies en Loire-inférieure : conséquence des fumures habituellement pratiquées. *Ann. Agron.*, **4**, 583-588, 1955.

(43) JACOB (A.). — *Magnésium : the fifth major plant nutrient.* Staples (London), 159 p., 1958.

(44) JACQUOT (R.), Le BARS (H.) et SIMONNET (H.). — *Données générales sur la nutrition et l'alimentation.* 472 p., Baillère et F. (Paris), 1958.

(45) LADRAT (J.), LARVOR (P.) et BROCHART (M.). — Recherches sur quelques cas de tétanie d'herbage. *Rec. Méd. Vét.*, CXXXV, no 12, 903-936, 1959.

(46) LARSON (W. E.) and PIERRE (W. H.). — Interaction of sodium and potassium on yield and cation composition of selected crops. *Soil Sci.* **76**, 1, 51-64, 1953.

(47) LEFEBVRE (J. M.). — *Étude des variations des substances azotées au cours de la végétation de l'orge.* Thèse, Paris, 108 p., 1958.

(48) LUNDEGARDH (H.). — (Traduc. de R. L. MITCHELL). — *Leaf analysis.* Hilger et Watts (London), 176 p., 1951.

(49) Mac LEAN (E. O.). — Uptake of sodium and other cations by five crop species. *Soil Sci.*, **82**, 1, 21-28, 1956.

(50) MANGOLD (M.). — L'utilisation alimentaire de la cellulose (Traduc. par A. M. LEROY). *Actualités Sci. et Industr.*, no 558, Hermann (Paris), 38 p., 1957.

(51) MAUME (L.). — Contribution à l'étude de la composition chimique des plantes fourragèrees. *Ann. Agron.*, 15-55, 1940.

(52) MAUME (L.). — Recherches sur la fertilisation des prairies irriguées de Crau. *Ann. Agron.*, **1**, 21-58, 1941.

(53) MAZOYER (M.). — Rôle du sodium en agriculture. *L'Industrie Chimique*, 41e année, 441, 101-105, 1954.

(54) MAZOYER (Mlle R.). — Possibilités d'emploi du versénate pour le dosage du calcium et du magnésium échangeables dans les extraits de sols. *Ann. Agron.*, **6**, 1009-1016, 1954.

(55) MEHLICH (A.). — Determination of cation- and anion-exchange properties of soils. *Soil Sci.*, **66**, 6, 429-445, 1948.

(56) MEHLICH (A.) and FIELDING REED (J.). — Effect of cation-exchange properties of soil on the cation content of plants. *Soil Sci.*, **66**, 4, 289-306, 1948.

(57) MITCHELL (R. L.). — Trace elements and liming. *Scottish Agric.*, **34**, no 3, 139-143, 1955.

(58) MORRISON (F. B.). — *Feeds and feeding.* Ithaca, N. Y., 21st edition, 1207 p., 1951.

(59) RADET (E.). — Le rôle du sodium dans la fertilisation des prairies. *Ann. Agron.*, **5**, 833-836, 1955.

(60) RADET (E.). — Le rôle du sodium dans la fertilisation des prairies. *Ann. Agron.*, **5**, 733-734, 1957.

(61) RAYMOND (W. F.) and HARRIS (C. E.). — The laboratory drying of herbage and faeces, and dry matter losses possible during drying. *J. Brit. Grassl. Soc.*, **9**, 119-130, 1954.

(62) REDLICH (G. C.). — Influence de la composition minérale du sol et de la plante sur la santé des animaux. *Journées C. E. T. A.*, Cnmmunication E 96, 5 p., Janvier 1958.

(63) RICHARDS (C. R.) and REID (J. T.). — The use of methoxyl groups in forage and foecal materials as an index of the feeding value of forages. *J. Dairy Sci.*, XXXV, 7, 595-602, 1952.

(64) RØYSET (S.). — (Essai de cinq ans concernant les applications de cuivre et de molybdène sur prairies de fauche) (en norvégien). *Forskn. Fors. Landbr.*, **4**, n° 5, 401-422, 1953.

(65) RUSSELL (F. C.). — Mineral in pasture. Deficiences and excesses in relation to animal health. *Imperial Bureau of animal nutrition. Techn. Comm.* n° 15, 91 p., 1944.

(66) RUSSELL (F. C.) and DUNCAN (D. L.). — Mineral in pasture. *Commonw. Bureau of Animal Nutrition*, Rowett Institute, 2nd edition, 1956.

(67) SCHARRER (K.) und JUNG (J.). — Uber den Einfluss verschiedener Anionen aud die Aufnahme von Calcium, Natrium und Kalium. *Plant and Soil*, **9**, 49-63, 1957.

(68) SCHMEHL (W. R.), PEECH (M.) and BRADFIELD (R.). — Influence of soil acidity on absorption of calcium by alfalfa as revealed by radiocalcium. *Soil Sci.*, **73**, 11-21, 1952.

(69) SCHNEIDER (B. H.). — *Feeds of the world — Their digestibility and composition.* West Virginian University, Morgantown, 300 p., 1947.

(70) SKORY (J.) and HARTWIG (H. B.). — The quality of hay on some New York dairy farms. *Cornell University, Memoir* 313, 54 p., 1952.

(71) SMITH (R. L.) and WALLACE (A.). — Cation-exchange capacity of roots and its relation to calcium and potassium content of plants. *Soil Sci.*, **81**, 2, 97-119, 1956.

(72) STAPLEDON (R. G.). — Seasonal productivity of herbage grasses with particular reference to the influence of different systems of cutting on indigenous and non indigenous strains respectively. *Welsh Plant Breed. Station*, Série H, bull. n° 3, 5-84, 1920-1923.

(73) TERLET (H.)et BRIAU (A.). — Etude de quelques méthodes de dosage de l'acide phosphorique par précipitation à l'état de phosphomolybdate d'ammonium. *Ann. Falsifications*, 28° année, 546-555, 1935.

(74) THOMAS (B.) and ARMSTRONG (D. G.). — A study of some methods at present used for the determination fo lignin. *J. of Agric. Sci.*, **39**, 335-346, 1949.

(75) TROUGHTON (A.). — Studies on the roots and storage organs of herbage plants. *J. Brit. Grassl. Soc.*, **6**, 197-206, 1951.

(76) TROUGHTON (A.). — The underground organs of herbage grasses. *Commonw. Bureau Past.* and *Field Crops, bull*, 44, 163 p., 1957.

(77) TRUOG (E.), BERGER (K. C.) and ATTOE (O. J.). — Response of nine economic plants to fertilization with sodium. *Soil Sci.*, **76**, 1, 41-50, 1953.

(78) WADLEIGH (C. H.), GAUCH (H. G.) and KOLISCH (M.). — Mineral composition of orchard grass grown on Pachappa loam salinized with various salts. *Soil Sci.*, **72**, 4, 275-282, 1951.

(79) WALKER (J. C.), Mac LEAN (J. G.) and OLIVETTE (J. P.). — The boron deficiency disease in cabbage. *J. Agric. Res.*, **62**, 573-587, 1941.

(80) WALSH (T.), KILROY (J.) and Mac DONNELL (P. M.). — Some aspects of the potassic manuring of pastures. *J. Dep. Agric. Dublin*, **54**, 44-62, 1957.

(81) WILLIAMS (R. D.). — The effects of deficiencies of several trace elements on Timothy (*Phleum pratense*) grown in solution culture. *Plant and Soil* III, nº 3, 257-266, 1951.

(82) YORK (E. T.), BRADFIELD (R.) and PEECH (M.). — Influence of lime and potassium on yield and cation composition of plants. *Soil Sci.*, **77**, 1, 53-63, 1954.

(83) ZWAENEPOEL (H.). — *L'alimentation rationnelle des animaux domestiques.* Tome II. G. Bothy (Bruxelles), 400 p., 1913.

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher,) France. — 20-10-1960.

Dépôt légal : 4e trim. 1960. Nº d'impression : 260.

RECHERCHES SUR LE DÉTERMINISME DE L'ÉLONGATION ET DE LA FLORAISON DANS LE GENRE *BETA*

PAR

J. MARGARA

PLAN DU MÉMOIRE

INTRODUCTION.

HISTORIQUE.

MATÉRIEL ET TECHNIQUES.

I. — MATÉRIEL :

A. — Le genre *Beta*.

B. — Choix du matériel.

C. — Définition des stades de développement.

II. — TECHNIQUES :

A. — Techniques utilisées pour la réalisation des traitements lumineux ou thermiques.

B. — Techniques utilisées pour la recherche de substances analogues aux gibbérellines.

1. — Extraction.
2. — Chromatographie.
3. — Tests biologiques utilisés pour la détection de substances du type gibbérelline.

C. — Traitements par l'acide gibbérellique.

CHAPITRE I

ÉTUDES PRÉLIMINAIRES SUR LE BESOIN DE VERNALISATION ET L'HÉMÉROPÉRIODISME CHEZ *BETA VULGARIS*

I. — Mise en évidence de l'action vernalisante des températures relativement basses.

A. — Conservation de l'état végétatif en serre chaude.
B. — Action vernalisante du froid.
1. — Effet de la durée du traitement.
2. — Influence de l'âge de la plante sur les effets du traitement par le froid.

II. — Comparaison des effets des photopériodes longues et de ceux des jours courts après vernalisation.

CHAPITRE II

ÉTUDES SUR LE DÉVELOPPEMENT DE *BETA VULGARIS* L.

I. — Étude des effets de l'acide gibbérellique sur des plantes non vernalisées.

A. — Étude préliminaire. Influence de divers facteurs sur les effets du traitement par l'acide gibbérellique.
1. — Dose d'acide gibbérellique utilisée.
2. — Effets de deux séries de traitements espacées.
3. — Age de la plante.
B. — Comparaison des effets de l'acide gibbérellique sur l'élongation de plantes non vernalisées, selon la photopériode.
C. — Comparaison des effets d'un traitement par l'acide gibbérellique et d'un traitement par le froid.

II. — Étude des effets de l'acide gibbérellique sur des plantes vernalisées.

A. — Effets de traitements effectués après une vernalisation normale.
1. — Étude comparative des effets du traitement par l'acide gibbérellique selon la photopériode.
2. — Influence du stade de développement sur les effets de traitements effectués en jour long.
B. — Effets de traitements par l'acide gibbérellique effectués après une « induction photothermique » voisine du seuil d'efficacité.
1. — Influence d'un traitement par le froid de courte durée sur les effets du traitement par l'acide gibbérellique.
2. — Influence de la température sur les effets de traitements par l'acide gibbérellique, effectués en jour continu.

III. — Étude des effets des photopériodes courtes agissant après vernalisation. Retour à l'état végétatif et dévernalisation.

A. — Effets de photopériodes courtes précédées de photopériodes longues.
B. — Étude de la réversibilité de l'effet des photopériodes courtes par les photopériodes longues.
C. — Action de l'acide gibbérellique sur des plantes ayant reçu successivement, après vernalisation, deux traitements photopériodiques différents.

IV. — Comparaison des effets de l'obscurité, des photopériodes courtes et des photopériodes longues après vernalisation.

V. — Effets de l'acide gibbérellique sur des populations annuelles de *B. vulgaris ssp. maritima.*

CHAPITRE III

ESSAI DE TRANSMISSION DU DÉCLENCHEMENT DE L'ÉLONGATION CAULINAIRE ET DE LA MISE A FLEURS PAR GREFFAGE ENTRE DIFFÉRENTES ESPÈCES DE *BETA*

I. — Observations préliminaires sur le développement de *B. trigyna* et des espèces de section a *Patellares.*

A. — *Beta trigyna.*
B. — Espèces de la section *Patelares.*

II. — Résultats des expériences de greffage.

CHAPITRE IV

RECHERCHE DE SUBSTANCES DU TYPE GIBBÉRELLINE CHEZ PLUSIEURS ESPÈCES DU GENRE *BETA*

I. — Choix du matériel.

II. — Résultats.

RÉSUMÉ ET CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

I. — Résumé des principaux résultats obtenus.

A. — Effets de la vernalisation et de la photopériode sur le développement de *B. vulgaris.*
B. — Effets de l'acide gibbérellique sur *B. vulgaris* (variété bisannuelle).
C. — Comparaison des effets de l'acide gibbérellique dans le genre *Beta.*
D. — Essai de transmission du déclenchement de l'élongation et de la mise à fleurs par greffage entre différentes espèces de *Beta.*
E. — Recherche de substances « du type gibbérelline »

II. — Considérations générales.

A. — Le rôle éventuel d'une gibbérelline native dans le déclenchement de l'élongation caulinaire chez *B. vulgaris.*
B. — Dissociation expérimentale de l'élongation caulinaire et de la floraison.
C. — Le mode d'action de l'acide gibbérellique, dans le cas de *B. vulgaris*
D. — La diversité des mécanismes régulateurs du développement.

Bibliographie.

INTRODUCTION

Lorsque l'on envisage l'état actuel des connaissances acquises sur les facteurs du milieu qui contrôlent le développement des Phanérogames, on est frappé par la diversité des mécanismes régulateurs mis en jeu d'une espèce à une autre. Cette diversité sur laquelle P. Chouard a mis l'accent (14, 15) oblige à la fois à des comparaisons entre le comportement des diverses espèces et à une étude approfondie de chacun de ces mécanismes.

Le cas de certaines espèces bisannuelles qui présentent, pendant une première partie de leur existence, un port en rosette lié à la phase végétative, et qui doivent nécessairement allonger leur tige avant de fleurir, pose le problème des relations entre deux types de mécanismes régulateurs, vernalisation et héméropériodisme, et deux sortes de modifications morphologiques, élongation caulinaire et floraison. D'une façon plus précise, on peut se demander si la vernalisation ne peut être interprétée comme une simple levée de dormance qui permettrait l'élongation de la tige, les jours longs provoquant ensuite la floraison.

Mais il est évident qu'en raison de la diversité des mécanismes régulateurs du développement suivant les espèces, les réponses aux questions posées ne valent que pour le matériel végétal étudié. Nous avons choisi d'étudier une variété bisannuelle de *Beta vulgaris* L. (variété de betterave à sucre Klein Wanzleben E) que nous avons comparée avec d'autres espèces du genre *Beta*.

Ce matériel présente les caractéristiques suivantes : caractère bisannuel accusé, port en rosette caractérisé, net besoin de vernalisation et de jours longs, aptitude à faire retour à l'état végétatif sous l'action des photopériodes courtes.

L'idée suivante nous a guidé au cours de cette étude : essayer de dissocier l'élongation caulinaire et la floraison dans différentes conditions expérimentales. A cette fin, nous avons utilisé trois sortes de techniques : culture en conditions contrôlées, traitements par l'acide gibbérellique, greffage entre deux espèces de *Beta* ayant deux types de développement différents.

L'emploi de conditions contrôlées permettait de bien séparer l'action vernalisante du froid de celle des jours longs, des jours courts ou de l'obscurité après vernalisation, alors que sur les plantes non vernalisées, les trois conditions photopériodiques ne faisaient apparaître aucune différence concernant le développement. En provoquant l'élongation

caulinaire dans des conditions de milieu dans lesquelles elle ne se produit normalement pas, les traitements par l'acide gibbérellique, effectués dans diverses conditions contrôlées, constituent une technique d'analyse des relations entre l'élongation et la floraison.

L'ensemble des espèces du genre *Beta* présente une gamme assez étendue de rythmes de développement parmi lesquels deux types de comportement s'opposent avec netteté : celui des variétés bisannuelles de *B. vulgaris* caractérisé par le besoin de vernalisation et de jours longs et par le port en rosette lié à la phase végétative et celui des *Patellares* qui allongent le premier entre-nœud de la tige sans jamais former de rosette et fleurissent rapidement (les premières inflorescences peuvent apparaître à l'aisselle de la 5e feuille chez *B. patellaris*) dans des conditions de température très variées, en jour court ou en jour long.

En greffant, dans diverses conditions photopériodiques *B. vulgaris* et une espèce caulescente de la section des *Patellares*, *B. webbiana* Moq. ou *B. procumbens* Chr. Sm., nous avons voulu voir si l'on pouvait transmettre séparément ou simultanément la faculté d'allonger la tige et la mise à fleurs de l'espèce indifférente à l'espèce bisannuelle.

Le présent mémoire comprend quatre chapitres.

Tout d'abord, une étude préliminaire est destinée à préciser l'action de la vernalisation et de la photopériode dans nos conditions de travail et sur notre matériel.

Dans un deuxième chapitre, nous envisagerons successivement l'action de l'acide gibbérellique sur des plantes non vernalisées et sur des plantes vernalisées, en jour long ou en jour court. Puis nous étudierons d'une manière plus approfondie les effets des photopériodes courtes après vernalisation (retour à l'état végétatif et dévernalisation). Et nous comparerons les effets de l'obscurité et ceux des jours courts sur des plantes vernalisées.

L'étude de la transmission par greffage de l'élongation et de la mise à fleurs fera l'objet du troisième chapitre.

Enfin, les études précédentes nous ayant conduit à nous demander si des gibbérellines existant dans la plante ne pourraient jouer un rôle dans le déclenchement de l'élongation caulinaire, nous avons cherché à mettre en évidence la présence de substances analogues aux gibbérellines chez *B. vulgaris* à plusieurs stades de son développement, et chez deux espèces de la section des *Patellares* (*B. patellaris* et *B. procumbens*). Nous exposerons les résultats de ce travail dans le chapitre IV.

HISTORIQUE

Les deux espèces qui ont été étudiées, peut-être, de la manière la plus approfondie, du point de vue des conditions qui provoquent la floraison, le Seigle d'hiver Petkus et la Jusquiame noire sont des espèces bisannuelles présentant à l'état végétatif un port en rosette, ayant besoin pour fleurir d'être vernalisées et soumises à l'action des jours longs. L'espèce que nous avons principalement étudiée, *Beta vulgaris* L., tout en possédant ces mêmes caractéristiques principales, présente dans son comportement à l'égard du milieu, des analogies et des différences avec ces exemples classiques, tandis que, dans l'ensemble du genre *Beta*, existe une gamme assez étendue de mécanismes régulateurs du développement qui, à notre connaissance, n'ont guère été étudiés. Dans une première partie de cet historique, sans vouloir passer en revue toutes les études effectuées au sujet du déclenchement de l'élongation caulinaire et de la floraison chez *B. vulgaris*, nous résumerons seulement les principales d'entre elles.

Puis, dans une deuxième partie, nous envisagerons d'une manière très succincte, les idées qui ont été émises au sujet du rôle éventuel de substances hormonales sur l'élongation et la floraison.

Dès les premiers travaux sur le photopériodisme, la Betterave (variétés bisannuelles cultivées ou populations de *B. maritima*) a été citée parmi les plantes de jour long par GARNER et ALLARD (25, 26) puis par MUNERATI (56, 57, 58).

D'autre part, dès 1918, SHAW (79) a montré que les températures relativement basses (2 à 10°) déclenchaient la montée à graines chez la Betterave cultivée. Mais les nombreux auteurs qui ont étudié l'action des facteurs du milieu sur le développement de la Betterave ont obtenu des résultats très variables. Cette variation provient sans doute de ce qu'ils travaillaient dans des conditions expérimentales différentes et n'utilisaient pas tous le même matériel végétal.

Nous essaierons seulement de dégager à partir de ces travaux les caractéristiques essentielles des variétés bisannuelles de *B. vulgaris*. Une revue bibliographique des travaux antérieurs à 1933 est donnée par CHROBOCZEK (17).

Remarquons d'abord que la température optimale pour la réalisation de la vernalisation paraît relativement élevée. PACK (65) observe respectivement 100 p. 100, 60,9 p. 100 ou 0 p. 100 de plantes qui allongent leur tige suivant que le lot a été conservé au préalable à 4°4, 13° ou 15°. STOUT (84) au moyen d'une étude plus précise, établit que la température optimale serait comprise entre 6 et 9°, 0° paraissant inefficace.

L'effet vernalisant des basses températures serait réversible par des températures plus élevées, cette réversibilité commençant vers 11°.

Bien que, chez la Betterave bisannuelle, la maturité de vernalisation paraisse vite atteinte, les très jeunes plantes sont moins sensibles à l'action d'un traitement par le froid que les plantes plus âgées. Le type de comportement des *B. vulgaris* bisannuels serait intermédiaire entre le type *Hyoscyamus* et le type *Secale*.

Un traitement par le froid (4°4 à 10° pendant 30 jours) suivi d'un séjour à 15°6 — 21°1 provoque l'allongement d'un nombre de plantes plus grand lorsque celles-ci sont âgées de 64 ou de 54 jours que lorsqu'elles n'ont que 24 ou 14 jours [CHROBOCZEK (17)].

Les essais de vernalisation de graines en cours de germination ont donné des résultats variables selon les expériences. L'examen des résultats chiffrés montre que lorsque les essais sont positifs, les témoins présentent en général un certain pourcentage de plantes qui s'allongent [VOSS (90), KLOEN (34), WELLENSIEK et VERKERK (92)]. SECHET (78) constate qu'un traitement réalisé à 2° pendant 45 ou 57 jours, le semis étant effectué le 31 mai, n'a pas d'effet sur l'élongation caulinaire mais augmente la vigueur de la plante.

L'existence d'interactions entre température et photopériode a été mise en évidence par CHROBOCZEK (17). A 10° — 15°6, toutes les plantes (ou presque) forment une tige florifère même en jour court, tandis qu'à 15°6 — 21°1 un petit nombre de plantes seulement s'allongent, même en jour long. A la même température (15°6 — 21°1) les plantes vernalisées au préalable (à 4°4 — 10°) pendant 30 jours s'allongent plus rapidement en jour long qu'en jour court.

Il semble donc que la Betterave bisannuelle puisse s'allonger et fleurir soit à une température relativement élevée après un séjour au froid, soit dans une serre tempérée en jour continu. OWEN, CARSNER et STOUT (63), constatant qu'il est souvent difficile de distinguer l'influence de la vernalisation de celle des photopériodes longues, emploient le terme « induction photothermique » pour désigner le résultat de l'action des deux facteurs.

D'autre part, CHROBOCZEK a montré que l'on pouvait successivement provoquer la formation de rosettes perchées en jour court à une température assez élevée (15°6 — 21°1) sur des plantes ayant déjà produit une hampe florale, puis déclencher à nouveau l'élongation et la floraison, en jour long, à une température variant de 10° à 15°6.

FIFE et PRICE (23) ont montré que des betteraves cultivées d'abord dans des conditions normales, en champ, pouvaient fleurir à l'obscurité complète, après avoir subi une longue période de réfrigération à 4° (100 à 353 jours, à l'obscurité). L'élongation caulinaire est générale, mais un petit nombre de plantes seulement ont fleuri.

STOUT a provoqué l'élongation et la floraison de *B. vulgaris* bisannuels en les greffant sur des betteraves d'une variété annuelle. Mais les greffons de la variété bisannuelle ne se sont allongés que lorsqu'ils étaient maintenus à l'obscurité, les porte-greffes étant en jour long. NAYLOR (59), effectuant les greffes en jour long, avait enregistré un résultat négatif. STOUT suppose que le transport du « stimulus » qui provoque la floraison serait lié à celui des glucides et serait par suite favorisé par l'obscurité ou la défoliation du greffon. BENNETT (5) a montré que la défoliation du greffon ou l'obscurité favorisait le transport du virus du « curly top » d'une betterave malade à une plante saine. Et divers auteurs pensent que le stimulus qui provoque la floraison est transporté dans le phloème avec les produits de la photosynthèse.

ZEEVAART (96), au cours de ses expériences de greffage effectuées sur *Perilla crispa*, constate que les plantes ne fleurissent en dyspériode que si la durée du contact entre donneur et receveur a été suffisante pour que du saccharose marqué par le ^{14}C ait pu être transporté. Ceci ne prouve évidemment pas que le transport du « stimulus » et celui des glucides soient liés. Peut-être sont-ils favorisés par les mêmes facteurs.

Antérieurement ou parallèlement à notre travail, plusieurs auteurs ont effectué des traitements par l'acide gibbérellique sur des variétés cultivées de *B. vulgaris*. MARTH, AUDIA et MITCHELL (49) puis WITTWER et BUKOVAC (95) signalent que la pulvérisation d'une solution d'acide gibbérellique provoque, chez la Betterave, l'élongation de la tige florifère. GASKILL (29) obtient l'élongation mais non la floraison à 16° — 24° environ. Dans les mêmes conditions, après un traitement par le froid d'une durée de 21 ou de 43 jours, une partie des plantes traitées fleurissent. CAMPBELL (11) déclenche la floraison d'une partie des plantes par des traitements répétés en serre. Le même auteur constate que des traitements effectués dans les conditions de la culture en champ augmentent le pourcentage de plantes qui produisent une hampe florale, mais dans cette expérience ce pourcentage n'était pas nul dans l'ensemble des plantes témoins. LAWSON (42) signale un résultat négatif, et DOXTATOR (21), à la suite de pulvérisations de solutions à 1.000 ppm. sur le feuillage, n'observe qu'une élongation caulinaire très faible (quelques centimètres) même après un traitement à 7°, en éclairement continu, d'une durée de 30 jours. Le trempage des glomérules dans des solutions même concentrées (10.000 ppm.) ne hâte pas l'émergence mais il accroît l'élongation de l'hypocotyle [SNYDER (81)].

SNYDER et WITTWER (82) obtiennent la floraison en jour long (18 heures) mais non en jour court (9 heures) à une température nocturne d'environ 13°.

Mais les résultats observés sont fort variables d'une expérience à une autre. Et dans une même expérience, les plantes d'un même lot se

comportent rarement d'une manière identique. Parmi les causes qui pourraient expliquer cette variation, citons l'hétérogénéité génétique signalée par quelques auteurs [DOXTATOR (21), STOUT (85) notamment] et le mode de traitement généralement employé (pulvérisation d'une solution sur les feuilles), la dose de produit qui pénètre effectivement dans la plante pouvant être fort variable d'une plante à une autre.

Des expériences de greffage ont montré que le stimulus qui déclenche la floraison est transmissible dans certains cas. Ce stimulus paraît être le même pour des espèces de jour court et d'autres de jour long. KHUDAIRI et LANG (33) poursuivant des expériences antérieures (36) ont montré que *Nicotiana tabacum,* variété « Maryland-Mammoth » (plante de jour court), pouvait fleurir en jour long lorsqu'elle était greffée sur une variété annuelle de *Hyoscyamus niger.* De même, *Kalanchoë blossfeldiana* fleurit en jour long après greffage sur *Sedum ellacombianum* ou *S. spectabile* (plantes de jour long). *Bryophyllum daigremontianum* qui a besoin successivement de jours longs puis de jours courts pour fleurir (73, 74), fleurit en jour long quand elle est greffée sur des espèces de *Kalanchoë* de jour court [ZEEVAART (96)].

CAJLAHJAN et HLOPENKOVA (10) montrèrent que des greffons non vernalisés d'une variété bisannuelle de *Brassica campestris* pouvaient fleurir sur des plantes d'une variété annuelle mais seulement si l'on conservait les feuilles du porte-greffe maintenu en jour long.

On savait d'ailleurs depuis les expériences de KNOTT (35) sur l'Épinard confirmées par de nombreux autres travaux [notamment de CAJLAHJAN (9) et de MOSHKOV (54, 55) sur le Chrysanthème, de LJUBIMENKO et BUSLOVA (43) sur *Perilla,* de PSAREV (68) sur le Soja] que c'est au niveau des feuilles que la photopériode agit.

L'hypothèse d'une hormone spécifique de la floraison a souvent été formulée [notamment par CAJLAHJAN (9), CHOLODNY (13), BAKHUYZEN et WITTENROOD (2)]. Mais cette hormone hypothétique n'a jamais été isolée. D'autre part, MELCHERS (50) pensait, à la suite de ses expériences de greffage, que le « stimulus » produit au cours de la vernalisation était différent de l'hypothétique hormone de floraison, et il dénomma ce facteur vernaline.

Depuis que nous savons que des « gibbérellines » existent chez les Phanérogames, on a pu se demander si la vernaline était une gibbérelline.

La gibbérelline A_1 a été isolée d'abord par Mc MILLAN et SUTER (51) à partir de graines immatures de *Phaseolus multiflorus,* puis elle a été trouvée par WEST et PHINNEY (94) dans les graines de *Phaseolus vulgaris* et par KAWARADA et SUMIKI (32) dans la Mandarine. Des substances ayant sur l'élongation de tiges de pois ou de feuilles de graminées un effet analogue à celui des quatre gibbérellines connues et ayant le même Rf

qu'elles dans les solvants utilisés pour les chromatographier, ont été extraites d'espèces diverses et d'organes variés [West et Phinney (93, 94), Radley (69, 70, 71), Ritzel (75), Lona (45)]. Mais on a également trouvé des substances certainement différentes de ces quatre gibbérellines et ayant cependant la même action qu'elles sur les plantes utilisées pour les tests biologiques [West et Phinney (94), Mc Comb et Carr (19), Nitsch (61)]. Phillips, Vlitos et Cutler (66) ont trouvé chez le Pois une substance qui cumulait des propriétés d'auxine et de gibbérelline.

Il paraît vraisemblable qu'on se trouve en présence de tout un groupe d'hormones nouvelles ; mais il n'est pas possible actuellement de préciser quel peut être le rôle physiologique des gibbérellines.

Nous savons que la gibbérelline ne joue pas seulement sur l'élongation mais également sur les divisions cellulaires [Sachs et al. (76, 77)]. Elle présente sans doute des interactions avec l'auxine [Brian (6), Brian et Hemming (8), Kato (30), Galston et Warburg (24)]. J. P. Nitsch et C. Nitsch (62) ont montré que non seulement les traitements par la gibbérelline A_3 augmentaient la concentration en auxine chez le Haricot, mais qu' « ils modifiaient profondément l'équilibre des diverses substances de croissance naturelles ».

Lang (40) conclut de ses expériences sur *H. niger* que la gibbérelline n'est pas le facteur de floraison et suppose qu'elle peut jouer sur la floraison de façon indirecte en provoquant l'élongation de la tige. Lang (40, 41), suggère l'idée d'une spécificité des gibbérellines selon les espèces et de variations qualitatives ou quantitatives des teneurs en gibbérelline au cours du développement chez les plantes à besoin de vernalisation.

Cependant, l'un des faits les plus remarquables concernant l'action des facteurs du milieu sur le développement des Phanérogames est la diversité des mécanismes de la vernalisation et du photopériodisme. L'action de la gibbérelline A_3, variable selon les espèces, met en évidence cette diversité des mécanismes régulateurs.

Tandis qu'on n'a jamais pu jusqu'ici remplacer l'action de la vernalisation ni celle des photopériodes longues pour provoquer la floraison des plantes toujours caulescentes, chez les espèces bisannuelles à port en rosette et à net besoin de vernalisation au contraire, l'acide gibbérellique peut, selon le cas, être sans effet sur l'élongation caulinaire [*Eryngium variifolium*, Chouard (16)], déclencher l'allongement de la tige qui demeure végétative [*Lactuca scariola*, Lona (44), *Scrofularia vernalis*, Chouard (15)], provoquer la floraison en eupériode seulement [*Oenothera biennis*, *Campanula medium*, (15)] ou déclencher la mise à fleurs en jour court [*H. niger*, Lang (38, 39), *Digitalis purpurea*, Chouard (15)].

On peut se demander si, à la variation des réactions aux conditions du milieu d'une espèce à une autre, ne correspondrait pas également une certaine diversité des mécanismes hormonaux.

MATÉRIEL ET TECHNIQUES

I. — MATÉRIEL.

Le choix du matériel a été dicté par les préoccupations suivantes. Nous avons voulu étudier principalement une espèce (ou une variété) typiquement bisannuelle ayant des besoins très stricts en ce qui concerne la vernalisation et la photopériode. Mais nous voulions également trouver, dans le même genre, des espèces présentant des types de développement bien différents (espèces vivaces ou espèces annuelles toujours caulescentes), afin de pouvoir comparer leur comportement dans diverses conditions à la suite de traitements par l'acide gibbérellique, et d'étudier la transmission du « stimulus » déclenchant la floraison, au moyen de greffes.

Le genre *Beta*, qui comprend à côté des variétés cultivées de l'espèce *B. vulgaris* les espèces caulescentes et indifférentes à la photopériode de la section *Patellares* et les espèces vivaces de la section *Corollinae*, répond à ces exigences.

A. — Le genre *Beta*.

La Systématique du genre *Beta* est assez confuse. Le nombre des espèces décrites varie avec les auteurs (20, 52, 53, 87, 88, 89, 97). Dans le cours de notre travail, nous nous appuierons sur la classification de Zossimovitch (97) [adaptée par Ernould, (22)]. Nous considérons donc *B. maritima* L. comme sous-espèce de *B. vulgaris* L.

Tandis que la synonymie des espèces du genre *Beta* peut prêter à discussion, les trois sections de Transzchel (87) sont par contre à la fois homogènes et distinctes aussi bien du point de vue des caractères morphologiques et anatomiques ou des possibilités d'hybridation qu'en ce qui concerne la répartition géographique ou l'écologie.

Les espèces de la section *Corollinae* répandues sur les hauts plateaux ou dans les montagnes d'Asie Mineure (Anatolie, Arménie, etc...) sont nettement vivaces. Les *Vulgares*, halophiles, sont annuelles, bisannuelles ou pérennantes. Toutes les espèces observées paraissent nettement héméropériodiques et présentent, dans une première étape de leur développement, un port en rosette lié à l'état végétatif. Les *Patellares*, dont l'habitat s'étend des Iles du Cap Vert et des Iles Canaries à la côte du Maroc et au sud de l'Espagne, sont toujours caulescentes et présentent de nombreux caractères qui les opposent aux espèces des deux autres sections.

B. — Choix du Matériel.

Nous avons choisi les espèces ou variétés suivantes :

1° *Beta vulgaris* L. — La variété bisannuelle que nous avons étudiée est une variété de betterave à sucre (Klein Wanzleben E). Après des observations préliminaires effectuées sur des populations de *B. vulgaris ssp. maritima*, deux populations ont été retenues. L'une typiquement annuelle nous a été donnée par le Jardin botanique de Coïmbra (Portugal) ; l'autre à caractère annuel moins prononcé a été récoltée en Vendée (marais de Bouin).

2° *Beta trigyna* Waldst. et Kit. — L'espèce *B. trigyna* a été choisie comme espèce représentative de la section *Corollinae*. La population étudiée provient d'exemplaires d'Anatolie. Sa formule chromosomique (2n = 56) a été vérifiée.

3° Section *Patellares*. — Les études ont porté sur les trois espèces de la section : *B. patellaris* Moq., *B. procumbens* Chr. Sm., *B. webbiana* Moq.

C. — Définition des stades de développement.

Le matériel étudié avait été choisi en raison de la netteté avec laquelle se produit le passage d'un stade à un autre : état de brachyblastie, élongation de la tige, floraison, formation d'une nouvelle rosette à entre-nœuds courts à l'extrémité d'une tige à entre-nœuds longs.

Dans la plupart des expériences, nous avons volontairement limité nos observations à un petit nombre de stades morphologiques faciles à distinguer. Nous donnons, dans le tableau I, une définition des stades ainsi que des abréviations que nous utiliserons.

Tableau I.

Définition des stades de développement et des abréviations.

R Rosette végétative	La longueur de la tige (à entre-nœuds courts) est inférieure à 2 cm. La longueur du plus grand entre-nœud est inférieure à 3 mm.
T Tige en élongation	La longueur de la tige (à entre-nœuds longs) est égale ou supérieure à 2cm. La longueur du plus grand entre-nœud est égale ou supérieure à 3 mm. La tige ne présente pas d'ébauches florales visibles (à l'œil ou à la loupe).
F Tige florifère	La tige longue porte des boutons floraux, des fleurs ou des fruits.
RP Rosette perchée	La tige longue, ayant fleuri ou non, porte à son extrémité une rosette de feuilles ou de bractées (plus de 6 feuilles ou de 6 bractées modifiées sur une portion terminale de 15 mm).

II. — TECHNIQUES.

A. — Techniques utilisées pour la réalisation des traitements lumineux ou thermiques.

Nous avons utilisé un nombre limité de conditions, le plus souvent extrêmes, de manière à observer des différences nettes entre les effets des traitements. En raison de l'hétérogénéité génétique du matériel végétal utilisé, nous avons, en effet, volontairement renoncé à étudier les mécanismes régulateurs du développement avec une grande précision.

Les traitements photopériodiques utilisés avaient pour objet, soit de permettre la floraison après vernalisation, dans les conditions optimales, soit d'étudier les possibilités de retour à l'état végétatif.

1. — Traitements photopériodiques.

En serre, les jours courts ont été réalisés à l'aide de rideaux noirs recouvrant une armature métallique. Les plantes placées sous ces cages recevaient 8 heures de lumière diurne naturelle, de 9 heures à 17 heures (7 heures, de 10 heures à 17 heures, dans les dernières expériences).

Les plantes qui ont reçu les 8 heures de lumière diurne dehors [1] étaient placées sur un chariot qui était rentré dans un local obscur (de 17 heures à 9 heures).

En serre, les jours continus ont été réalisés au moyen d'un éclairement d'appoint, d'une intensité d'environ 2.000 lux, donné par des lampes à incandescence (Mazda) de 200 watts.

Dans les premières expériences, l'éclairement d'appoint d'une intensité d'environ 1.000 lux était fourni par des tubes de 40 watts « Blanc Soleil de Luxe ». A l'extérieur, nous avons utilisé des lampes à incandescence (Mazda) de 40 watts.

La température des serres était assez variable, la moyenne annuelle variant de 18 à 22° environ, les températures minimales étant généralement supérieures à 14°.

2. — Conditions de la vernalisation.

La vernalisation a été réalisée le plus souvent dans des conditions naturelles, par le froid de l'hiver. Les plantes, semées au printemps ou

[1] Au Laboratoire du Phytotron de Gif sur Yvette.

en été, étaient placées en automne dans des châssis qui étaient recouverts de paillassons pendant les périodes de gelée.

Entre novembre 1957 et mars 1958, intervalle que l'on peut considérer comme période de référence, les moyennes mensuelles de température (à 5 cm. au dessous du niveau du sol) ont varié de 2°9 (en décembre) à 5°6, les moyennes des maximums ne dépassant pas 8°5 et les moyennes des minimums n'étant jamais inférieures à 1°4.

Pour un certain nombre d'expériences, les plantes ont été placées dans des chambres froides à + 3°, + 5° ou + 10°. Un éclairement fourni par des tubes fluorescents a été donné soit d'une manière continue, soit pendant 10 heures, selon les expériences.

B. — Techniques utilisées pour la recherche de substances analogues aux gibbérellines.

1. — Extraction.

Nous avons utilisé, en ne modifiant que quelques détails, la technique employée par M. Radley (70) pour l'extraction de « gibbérellines » à partir de plantules de pois. Nous énumérerons brièvement les opérations effectuées.

Les tissus sont d'abord congelés dans l'azote liquide, puis plongés dans l'alcool absolu et broyés à l'aide d'un broyeur à hélice du type Turmix. Le broyat est conservé pendant une nuit en chambre froide puis pressé dans une étamine et filtré. Après avoir ajouté du bisulfite de sodium pour freiner les oxydations (1 cc de solution à 10 p. 100 pour 100 cc de jus) on distille sous vide à une température inférieure à 40°C. Le résidu aqueux est filtré, ajusté approximativement à pH 2,5 à l'aide de ClH concentré, épuisé à trois reprises par un volume égal d'acétate d'éthyle.

Les substances actives en solution dans l'acétate d'éthyle sont extraites par une solution tamponnée à pH 6,2 ($PO_4 H_2 K$ 136 g ; KOH 24 g ; eau 1 l). Puis, après avoir acidifié à pH 2,5, on effectue une nouvelle extraction par l'acétate d'éthyle (à volume égal, à trois reprises). On se débarrasse de l'eau pouvant se trouver dans la solution, par congélation et on distille sous vide. Le résidu est dissous dans de l'alcool et la solution est déposée en bande continue sur une feuille de papier Whatman n° 3.

2. — Chromatographie.

Nous avons employé la technique de la chromatographie descendante. Le papier était du papier Whatman nº 3. Le mélange butanol ammoniaque 1,5 N, 3 : 1 [Mac Comb et Carr (19)] a été choisi après comparaison avec les deux mélanges suivants :

— chloroforme, éthanol, eau, acide formique, 20 : 4: 2 : 1 [Radley (70)].

— benzène, pyridine, ammoniaque, 3 : 6 : 1 [Van Overbeek et al. (64)].

En effet ce mélange de solvants permettait d'obtenir des taches bien concentrées. Il avait permis d'autre part à Mac Comb et Carr de mettre en évidence la présence dans des extraits de plantules de pois d'une substance ayant un Rf différent de celui des 4 gibbérellines connues. Les chromatographies étaient arrêtées lorsque le front était distant de 40 cm de la ligne de départ.

Une goutte d'une solution à 1 p. 1000 d'acide gibbérellique (correspondant à 30 μg) était déposée sur le papier. Après chromatographie, l'acide gibbérellique était révélé par pulvérisation d'un mélange d'alcool et d'acide sulfurique 60 : 40 [Mac Comb et Carr (19)]. A l'examen en lumière ultra-violette, la tache d'acide gibbérellique présente une fluorescence verte. La température ambiante n'ayant pu être rigoureusement contrôlée, le Rf observé pour l'acide gibbérellique a quelque peu varié d'une chromatographie à l'autre. Nous avons, dans la plupart des cas, découpé dans nos chromatogrammes puis révélé une bande témoin sur laquelle une goutte de solution d'acide gibbérellique avait été déposée. L'emplacement de la tache témoin a servi à l'interprétation des résultats des tests biologiques.

3. — Tests biologiques utilisés pour la détection de substances du type gibbérelline.

Un certain nombre de méthodes approchées de dosage des gibbérellines ou de tests qualitatifs ont été utilisés par divers auteurs, soit pour suivre l'extraction et la purification de l'acide gibbérellique à partir des milieux de culture de *Gibberella fujikuroi*, soit pour déceler des substances du type gibbérelline dans des extraits végétaux.

Dans le cas de la recherche de gibbérellines au cours du développement d'une plante, le test employé doit être très sensible afin de permettre

l'utilisation d'une petite quantité de matériel végétal. Il doit être simple et facile à réaliser car le nombre d'extraits à éprouver peut être assez grand. Les autres qualités d'un test biologique sont la spécificité et la proportionnalité entre concentration et effet, au moins entre certaines limites de concentration.

Les méthodes de dosage basées sur des propriétés physiques, telles que la méthode fluorométrique [KAVANAGH et KUZEL (31)] ne sont pas suffisamment sensibles pour le but recherché. Il fallait donc avoir recours aux tests biologiques. Ces tests sont basés sur l'élongation des tiges de pois [RADLEY (70)] ou des feuilles de graminées (1, 60, 61, 64, 70). Ils emploient des sections ou des plantes entières ; ces dernières paraissent plus sensibles à l'action de l'acide gibbérellique. La plupart des tests utilisent des plantes naines.

La série des mutants nains de maïs étudiés par PHINNEY et WEST (67) constitue un matériel particulièrement intéressant. Le mutant d_1 peut permettre de déceler dans les meilleures conditions 0,00001 μg d'acide gibbérellique. Sa spécificité à l'égard des substances du type gibbérelline semble être absolue. Cependant, il nous a paru nécessaire de mettre au point un autre test : lorsque nous avons entrepris ce travail nous ne disposions pas de maïs nains, au moins en quantités suffisantes. D'autre part, nous souhaitions utiliser un matériel moins encombrant et permettant de nous servir des chromatogrammes directement, sans les éluer.

Nous avons choisi le Pois de senteur nain (variété Cupidon) à cause des qualités que présentait ce matériel pour le but recherché : grande sensibilité, déjà signalée par BRIAN et GROVE (7), possibilité d'utiliser des plantules jeunes de petite taille et de faire absorber la solution à essayer, par la racine. Ce matériel présente par contre certains inconvénients : pourcentage assez élevé de graines dures et germination parfois irrégulière obligeant à semer un nombre élevé de graines et à effectuer un tri sévère pour ne conserver que des plantes de même taille. D'autre part, nous ne sommes pas certains de la spécificité absolue de ce matériel vis-à-vis des substances du type gibbérelline. Notre test, qui n'a été utilisé qu'après chromatographie des extraits, doit être considéré seulement comme un test préliminaire rapide et simple. Les principaux résultats ont été vérifiés à l'aide du « test maïs ».

a) TEST POIS DE SENTEUR.

Essai préliminaire. — La sensibilité du Pois de senteur nain (variété Cupidon) à l'action de l'acide gibbérellique a été vérifiée au cours d'essais effectués en serre. 0,1 ml de solution était déposé sur les feuilles après

une légère scarification. Les plantes âgées de 5 jours lors du traitement étaient mesurées 10 jours après. Pour des doses d'acide gibbérellique allant de 0,001 à 10 μg par plante, la longueur moyenne de la tige (en p. 100 du témoin) a varié de 112 à 229 (tableau II).

TABLEAU II

Élongation du Pois de senteur nain sous l'influence de l'acide gibbérellique.

Dose (μg par plante)	Longueur de la tige (1)	
	en cm	en % du témoin
Témoin	4,1	100
0,001	4,6	112
0,01	6,7	163
0,1	8,0	195
1	8,5	207
10	9,4	229

(1) Moyenne des mesures de 14 plantes. Mesures effectuées après 10 jours.

L'influence de l'âge de la plante sur l'effet de l'acide gibbérellique a été étudiée en faisant absorber le produit en solution, par la racine. Les plantules, après section de la racine à 2 cm environ des cotylédons, étaient placées dans des tubes à essais de 30 mm de diamètre contenant 5cc de solution à 0,1 ppm. La longueur totale de la tige était mesurée après 5 jours. Ce sont les plantules âgées de 5 jours et ayant au moment de la mise en route de l'expérience une tige de 2 à 2,5 cm, qui ont présenté le plus grand allongement relatif (tableau III). L'acide indole acétique,

TABLEAU III

Influence de l'âge de la plantule sur l'effet d'un traitement par l'acide gibbérellique.

Stade lors du traitement			Longueur de la tige (1) (en cm)			
Age	Longueur de la tige (en cm)	Nombre d'entre-nœuds visibles	Témoin	GA (0,1 ppm)	GA — T	$\frac{GA - T}{T} \times 100$
13 jours	3,5 à 4	4	4,7	6,5	1,8	38,3
11 jours	3,5	3	4,6	5,6	1,0	21,7
8 jours	3	3	3,7	5,1	1,4	37,8
5 jours	2 à 2,5	2	3,5	5,0	1,5	42,8

(1) Moyenne des mesures de 12 plantes. Mesures effectuées après 5 jours.

en présence d'acide gibbérellique, paraît avoir un effet nul ou même un effet dépressif sur l'allongement de la tige à des concentrations variant

de 1 à 1.000 ppm. (tableau IV). Diverses substances, notamment le Tween 80, paraissent renforcer l'effet de l'acide gibbérellique. Cependant, n'étant pas sûrs de la spécificité absolue de notre matériel à l'égard des substances du type gibbérelline nous avons préféré n'utiliser pour le test que des solutions aqueuses.

TABLEAU IV

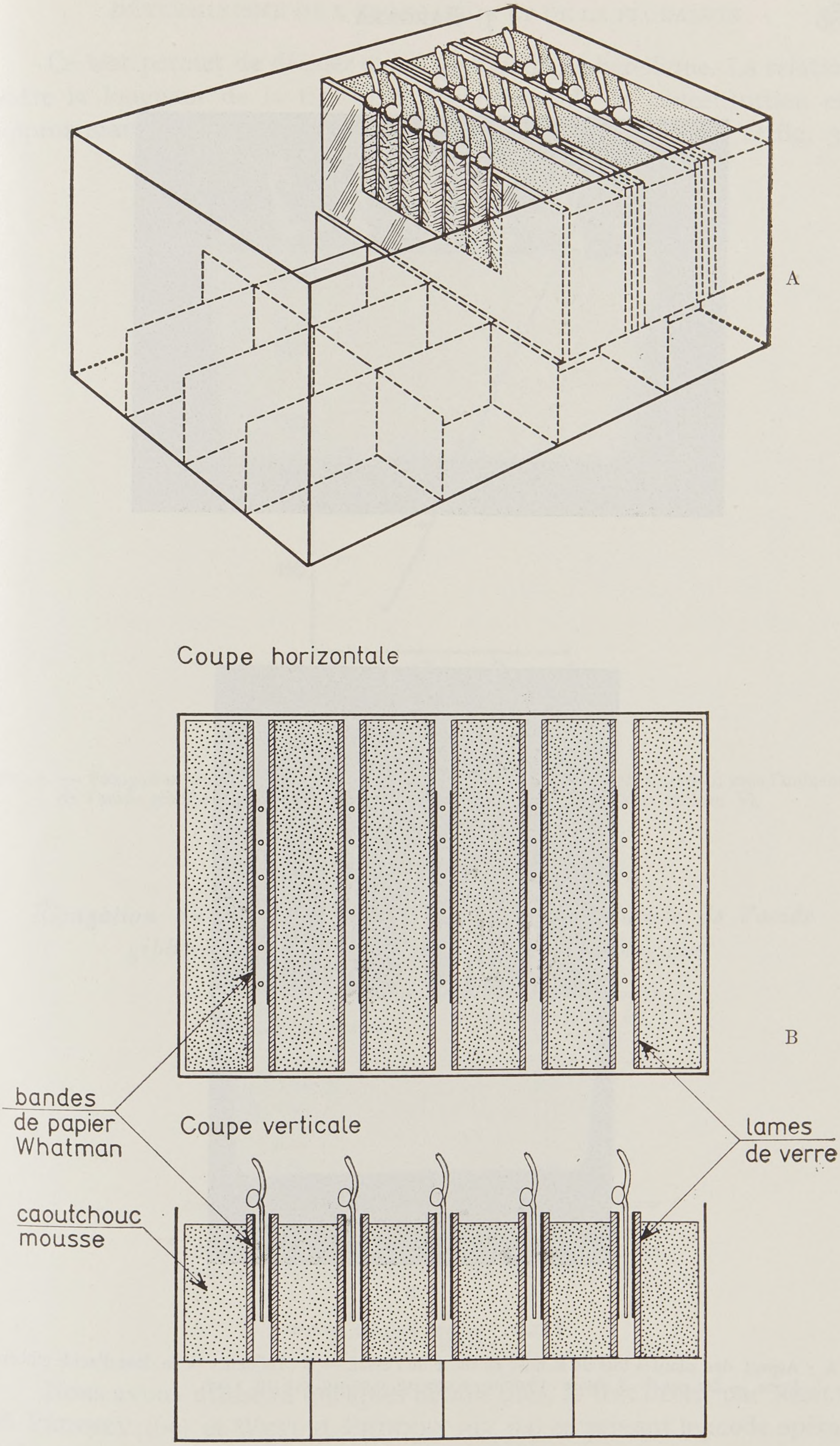
Interaction entre les effets de l'acide gibbérellique et de l'acide indole acétique sur l'élongation du Pois de senteur nain.

Concentration	Longueur de la tige (1) (en cm)	Concentration	Longueur de la tige (1) (en cm)
Témoin	4,4	GA 0,1 ppm	5,4
AIA 1 ppm	4,1	GA 0,1 ppm + AIA 1 ppm	5,3
AIA 10 ppm	3,8	GA 0,1 ppm + AIA 10 ppm	4,0
AIA 100 ppm	3,7	GA 0,1 ppm + AIA 100 ppm	3,8
AIA 1000 ppm	3,2	GA 0,1 ppm + AIA 1000 ppm	3,8

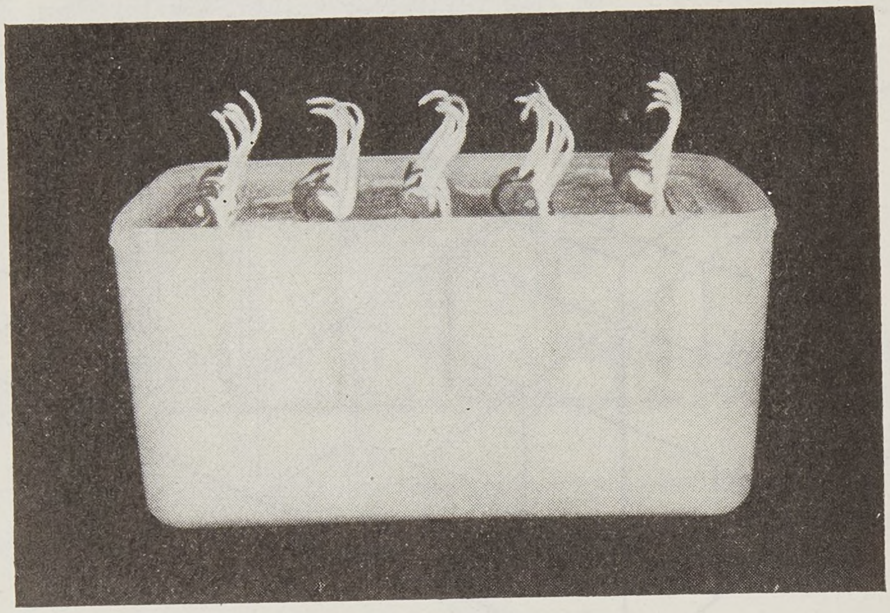
(1) Moyenne des mesures de 12 plantes. Mesures effectuées après 5 jours.

Description du test. — Les pois de senteur sont mis à tremper pendant 24 heures, puis semés en serre chaude dans des terrines contenant de la vermiculite humide. Au bout de 5 jours environ, lorsque la longueur des tiges a atteint 1,5 à 2,5 cm, on trie les plantes de même taille ; on sectionne l'extrémité des racines à 2 cm environ des cotylédons ; puis on introduit les racines entre 2 bandes du chromatogramme (2 × 4,5 cm) disposées entre 2 lames de verre et maintenues verticales dans des boîtes en matière plastique grâce à des blocs de caoutchouc mousse intercalés entre les ensembles de lames de verre et de papier Whatman (voir fig .1). On utilise 6 plantes par traitement. Les boîtes sont placées dans des cuvettes contenant de l'eau et recouvertes de cages en « rhodoïd » (de 20 cm de hauteur environ).

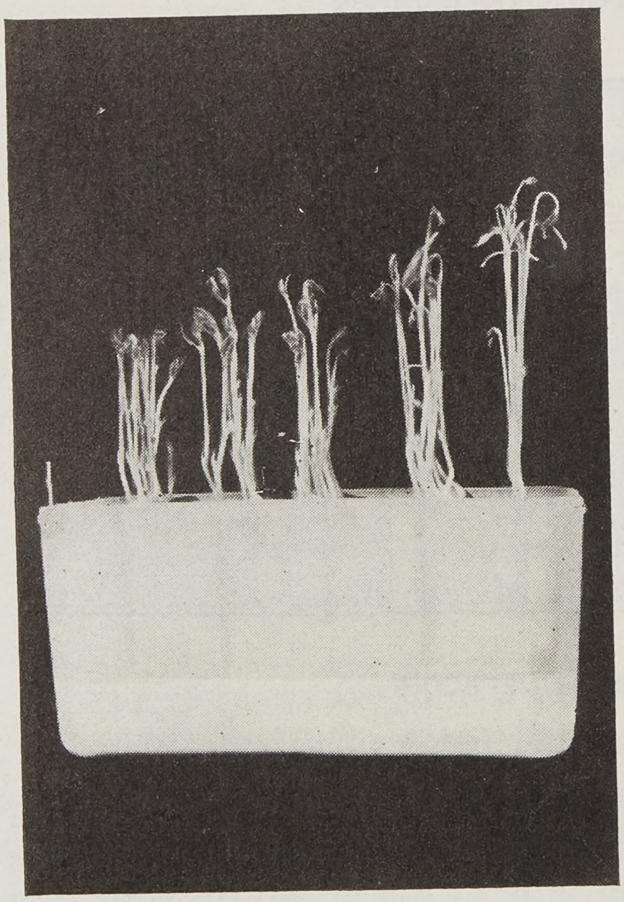
L'ensemble est maintenu dans une pièce à température peu variable sous une rampe de tubes (Philips Blanc Soleil de Luxe, 40 watts) allumés 12 heures par jour. Au niveau des plantes, la température a varié de 25 à 28°. Les bandes de papier sont humidifiées chaque jour par 1cc d'eau distillée. La longueur des tiges est mesurée après 5 jours (fig. 2). Les résultats sont donnés en p. 100 d'un témoin. Dans les premières expériences les boîtes utilisées étaient des boîtes à coloration, en verre (d'un modèle utilisé couramment en Histologie). Les bandes de papier étaient placées entre une lame de verre et une bande de matière plastique (Gerflex) qui étaient appliquées l'une contre l'autre par d'autres bandes de matière plastique recourbées et faisant ressort.



A : Vue d'ensemble. — B : Coupe horizontale et coupe verticale



A



B

Fig. 2. — Test Pois de senteur.

A : Aspect des plantes lors de la mise en route de l'essai. — B : Influence de la dose d'acide gibbérellique. — *De gauche à droite* : témoins, 0,001 µg, 0,01 µg, 0,1 µg, 1 µg.

Ce test permet de déceler 0,001 μg d'acide gibbérellique. La relation entre la longueur de la tige et le logarithme de la concentration est approximativement linéaire entre 0, 001 et 0,1 μg (tableau V et fig. 3).

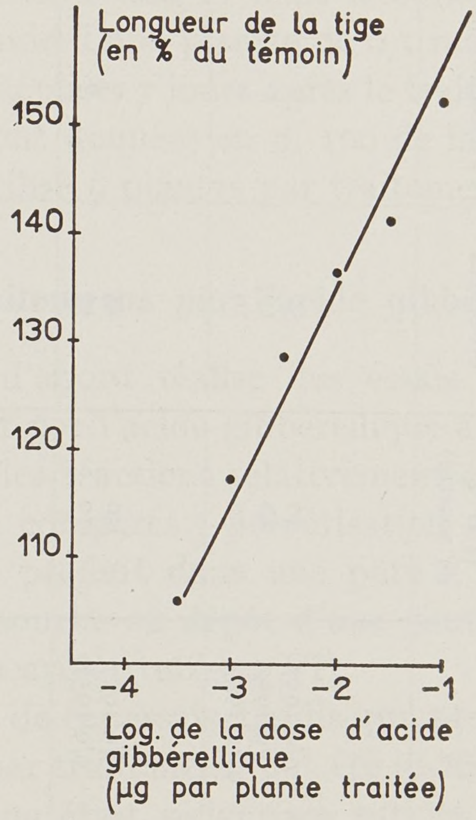


FIG. 3. — Elongation du Pois de senteur nain (*Lathyrus odoratus* L. variété Cupidon) sous l'influence de l'acide gibbérellique, dans les conditions du test biologique. (Voir tableau V).

TABLEAU V

Élongation du Pois de senteur nain sous l'influence de l'acide gibbérellique, dans les conditions du test biologique.

Dose (μg par plante)	Longueur de la tige [1] (en % du témoin)
0,0005	106
0,001	117
0,005	129
0,01	136
0,05	141
0,1	152

[1] Moyenne des mesures de 18 plantes. Mesures effectuées 5 jours après la mise en route du test. La longueur moyenne des tiges des témoins était 3,6 cm.

b) TEST MAÏS.

Nous avons utilisé, à quelques détails près, le test décrit par NEELY et PHINNEY (60) et WEST et PHINNEY (93, 94) en suivant le mode opératoire indiqué ci-dessous.

Tableau VI

Essais préliminaires sur le mode de traitement par l'acide gibbérellique.

Mode de traitement	Date du semis	Age des plantes à la date du 1er traitement (en jours)	Date des traitements	Date des observations	Témoins	Plantes traitées par GA		
					Nombre de plantes observées (100 % en rosette)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes en élongation	Longueur de la tige (en cm)
Pulvérisation d'une solution sur les feuilles (1) :								
— en champ	3/4/1957	75	17/6-28/6 et 9/7 /1957	9/9/1957	50	50	0	—
— en serre	3/4/1957	75	17/6-28/6 et 9/7 /1957	9/9/1957	10	10	0	—
— en serre	6/6/1957	113	27/9-2/10 et 8/10/1957	9/12/1957	10	10	0	—
Application d'une pâte à la lanoline (2) :								
— en champ	3/4/1957	75	17/6-28/6 et 9/7 /1957	9/9/1957	50	25	0	—
— en serre	3/4/1957	75	17/6-28/6 et 9/7 /1957	9/9/1957	10	10	0	—
Injection d'une solution dans la tige (3) :								
— en champ	3/4/1957	75	17/6-28/6 et 9/ 7/1957	9/ 9/1957	50	25	18	2 à 5
— en serre	3/4/1957	75	17/6-28/6 et 9/ 7/1957	9/ 9/1957	10	10	8	2 à 7
— en serre	6/6/1957	113	27/9-2/10 et 8/10/1957	9/12/1957	10	10	9	5 à 9
Dépôt d'une goutte de solution sur un pétiole (3), en serre...	6/6/1957	113	27/9-2/10 et 8/10/1957	9/12/1957	10	10	10	3 à 7

(1) Dose (par plante et par traitement) : 1000 µg d'acide gibbérellique (500 cc d'une solution à 100 ppm pour 50 plantes).
(2) Dose (par plante et par traitement) : 100 µg d'acide gibbérellique (approximativement).
(3) Dose (par plante et par traitement) : 50 µg d'acide gibbérellique (0,5 ml d'une solution à 100 ppm par plante).
Dans cette série d'expériences, aucune plante n'a fleuri ni formé d'ébauches florales visibles.

Les semences sont semées en terrine dans un mélange de sable et de terreau, après trempage dans l'eau pendant 24 heures. Les coléoptiles apparaissent généralement en 5 à 6 jours. Deux jours après leur sortie de terre, on repique les plantes en pots et on sectionne le coléoptile. On dépose la solution à essayer dans le cornet formé par la jeune feuille non dépliée, à l'aide d'une pipette de 0,1 ml. On mesure le limbe de la plus jeune feuille dépliée, 7 jours après le traitement. Les longueurs moyennes des limbes sont données en p. 100 de la moyenne des plantes témoins. Nous avons utilisé 9 plantes par traitement.

C. — Traitements par l'acide gibbérellique.

Nous avons tout d'abord réalisé des essais préliminaires sur les modalités du traitement par l'acide gibbérellique afin de pouvoir choisir une méthode donnant des réactions relativement constantes. Les traitements suivants ont été comparés : pulvérisation d'une solution sur les feuilles, application du produit dans une pâte à la lanoline, injection d'une solution dans la souche ou dépôt d'une goutte de solution sur un pétiole préalablement scarifié (tableau VI).

Dans les conditions de ces essais, tandis que 3 traitements de 1.000 μg environ (par plante et par traitement) ont été inefficaces lorsque la solution d'acide gibbérellique était pulvérisée sur les feuilles, 3 injections de 50 μg ont provoqué une élongation de la tige (de plusieurs cm).

Dans les essais ultérieurs, nous avons déposé la solution à l'aide d'un compte-goutte (ou d'une pipette) dans une fente pratiquée à la base de la tige courte avec la pointe d'un scalpel. Dans le cas de plantes jeunes n'ayant que quelques feuilles, la solution a été déposée sur un pétiole après une légère scarification. Nous n'avons utilisé que des solutions aqueuses du sel de potassium de l'acide gibbérellique (commercialisé par les Laboratoires Merck sous la marque Gibrel).

Dans la plupart des expériences, nous avons appliqué (par plante et par traitement) 0,1 ml de solution à 1 pour mille (soit 100 μg de substance active). Dans les dernières expériences chaque plante a reçu par traitement 1.500 μg de substance active (solution à 1 p. 100).

CHAPITRE I

ÉTUDES PRÉLIMINAIRES SUR LE BESOIN DE VERNALISATION ET L'HÉMÉROPÉRIODISME CHEZ *BETA VULGARIS* L.

Ce chapitre préliminaire, consacré à quelques expériences sur l'action de la vernalisation et de la photopériode sur *B. vulgaris*, a pour objet de préciser le comportement de la variété étudiée (variété de betterave à sucre Klein Wanzleben E) dans les conditions que nous utiliserons dans la suite de notre travail. Il n'apportera pas de faits originaux.

Dans un premier paragraphe, consacré à la vernalisation, nous montrerons d'abord qu'en serre chaude et en jour long, nos plantes allongent leur tige et fleurissent ou demeurent végétatives selon qu'elles ont subi ou non la vernalisation ; puis, nous chercherons à préciser quelle est l'influence de l'âge de la plante et de la durée du traitement par le froid sur les effets de ce dernier.

Les expériences relatées dans le paragraphe II mettront en évidence l'opposition entre l'effet des jours courts et celui des jours longs après vernalisation.

I. — MISE EN ÉVIDENCE DE L'ACTION VERNALISANTE DES TEMPÉRATURES RELATIVEMENT BASSES.

A. — Conservation de l'état végétatif en serre chaude.

1. — Plantes cultivées en jour naturel.

Dans une première série d'essais, les betteraves étaient semées en champ dans des conditions naturelles, au printemps, puis mises en pots en automne et transportées dans une serre chaude, en jour naturel. La moyenne annuelle des températures a varié de 18° à 21° selon l'essai. Les plantes ont été conservées pendant des durées variables. Toutes sont demeurées à l'état végétatif et ont gardé le port en rosette jusqu'à la fin de l'expérience (tableau VII). 42 plantes ont été observées après 460 jours ; 4 plantes ont été conservées à l'état végétatif pendant près de 4 ans ; 33 ont été élevées pendant des durées intermédiaires.

Après une longue période de vie végétative, la portion basale de la tige portant les cicatrices foliaires peut devenir assez grande mais les entre-nœuds demeurent toujours très courts (fig. 4).

Nous avons vérifié que dans les conditions de température de la serre chaude, les plantes pouvaient allonger leur tige et fleurir normalement, lorsqu'elles étaient soumises au préalable au froid de l'hiver (dehors, en châssis).



FIG. 4. — *Beta vulgaris* L. (variété sucrière Klein Wanzleben E, bisannuelle).
Plante maintenue à l'état végétatif en jour naturel dans une serre chaude, et âgée de 699 jours.

Afin de voir si la conservation de l'état végétatif n'était pas due aux températures parfois anormalement élevées de la serre, en été, et si les betteraves cultivées dehors au printemps et en été, et gardées en serre en hiver seulement, demeuraient en rosette la deuxième année, 15 plantes semées en champ en avril 1956, placées en serre le 12 octobre, ont été transportées dehors le 22 mars 1957. En fin juillet toutes les plantes étaient demeurées en rosette.

2. — Plantes élevées en conditions photopériodiques contrôlées.

Après avoir vérifié qu'en serre chaude la variété de *B. vulgaris* étudiée demeurait en rosette en jour naturel, nous avons cherché à voir si dans des conditions de photopériodes diverses, le comportement de notre matériel demeurait le même.

Tableau VII

Conservation de l'état végétatif, en serre chaude (jour naturel).

	Date des observations	Age des plantes à la date des observations (en jours)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (1)	
				R	F
I. Première expérience					
Plantes non vernalisées (2)	10/7/1956	460	42	42	0
	31/7/1957	846	19	19	0
	5/7/1958	1185	14	14	0
	3/3/1959	1426	4	4	0
Plantes vernalisées (3) ..	10/7/1956	460	12	0	12
II. Deuxième expérience					
Plantes non vernalisées (4)	31/7/1957	469	20	20	0
	5/7/1958	808	12	12	0
	3/3/1959	1049	8	8	0
Plantes vernalisées (5) ..	31/7/1957	469	12	0	12

(1) Voir légende tableau I.
(2) Semis en champ : 7/4/1955. — Transport en serre : 9/10/1955.
(3) » » : » — » » : 28/ 2/1956.
(4) » » : 18/4/1956. — » » : 12/10/1956.
(5) » » : » — » » : 22/ 2/1957.

Des plantes, élevées en jour de 8 heures, 16 heures ou 24 heures, sont demeurées en rosette jusqu'à la fin de l'expérience. Une partie d'entre elles ont été observées après 315 jours. Quelques plantes ont été conservées pendant 654 jours (tableau VIII). Les moyennes des températures minimales étaient 12°8 en 8 heures, 16°3 en 24 heures et en 16 heures.

Tableau VIII

Conservation de l'état végétatif, en serre chaude, dans diverses conditions photopériodiques. Plantes élevées en serre.

Les plantes, semées en serre le 19 septembre 1956, ont été soumises à différentes conditions photopériodiques à partir du 23 octobre. A la date des observations, toutes les plantes étaient en rosette.

Photopériode	Date des observations	Nombre de plantes observées	Age des plantes à la date des observations (en jours)
24 heures	31/7/1957	12	315
24 heures	5/7/1958	5	654
16 heures	31/7/1957	11	315
16 heures	5/7/1958	5	654
8 heures	31/7/1957	12	315
8 heures	5/7/1958	5	654
8 heures pendant 80 jours puis 24 heures	31/7/1957	8	315

Des photopériodes courtes (8 heures pendant 80 jours) précédant les photopériodes longues n'ont pas eu d'effet visible sur le développement, contrairement au cas de *Campanula medium* étudié par WELLENSIEK. Des betteraves cultivées d'abord en champ au printemps et transportées en serre alors qu'elles avaient accumulé des réserves ont été soumises à des photopériodes de 8 heures, 16 heures ou 24 heures. Toutes les plantes observées sont demeurées en rosette (tableau IX).

TABLEAU IX

Conservation de l'état végétatif, en serre chaude, dans diverses conditions photopériodiques. Plantes cultivées en champ, puis en serre.

	Photopériode	Date des observations	Nombre de plantes observées	Age des plantes à la date des observations (en jours)
I. Première expérience (1)	24 heures 16 heures	9/9/1957 »	5 5	509 »
II. Seconde expérience (2)	24 heures 8 heures	28/7/1958 »	4 4	481 »
III. Troisième expérience (3)	jour naturel 8 heures	26/6/1959 »	7 7	407 »

(1) Semis, en champ : 18/4/1956. Transport en serre : 12/10/1956.
(2) » » » : 3/4/1957. » » : 15/10/1957.
(3) » » » : 15/5/1958. » » : 7/10/1958.
A la date des observations, toutes les plantes étaient en rosette.

B. — Action vernalisante du froid.

1. — Effet de la durée du traitement.

Des betteraves semées en champ au printemps, puis transportées en serre en automne ont été soumises à un traitement par le froid (+ 5°) pendant 16, 31 ou 61 jours (tableau X). Les plantes ont été placées en chambre froide à des dates différentes et mises en serre à nouveau à une même date (5 janvier 1959). Un traitement par le froid d'une durée de 61 jours a provoqué la floraison de la plupart des plantes (8 sur 10). Un traitement de 16 jours a été inefficace, toutes les plantes demeurant en rosette ; 31 jours de séjour à + 5° ont produit un effet intermédiaire, 3 plantes sur 10 ayant fleuri. Il semble donc que la durée minimale du traitement par le froid doive être comprise entre 30 et 60 jours pour assurer la vernalisation.

TABLEAU X

Influence de la durée du traitement par le froid sur le déclenchement de l'élongation caulinaire.

Les plantes, semées en champ le 15 mai 1958, ont été mises en serre le 27 octobre. Elles ont été transportées ensuite en chambre froide (+ 5°) à des dates variables (1), puis elles ont été placées à nouveau en serre (éclairement continu), le 5 janvier 1959.

Date des observations : 5 mai 1959.

Durée du traitement par le froid (en jours)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (2)		
		R	T	F
0 (témoin)	10	10	0	0
16	10	10	0	0
31	10	6	1	3
61	10	1	1	8

(1) 5/11, 5/12 et 20/12/1958.
(2) Voir légende tableau I.

2.— Influence de l'âge de la plante sur les effets du traitement par le froid.

Le tableau XI résume les résultats d'une expérience réalisée avec de jeunes plantules. Les plantes, semées en serre, ont séjourné durant 80 jours dans une chambre froide à + 3°, puis ont été placées en serre (éclairement continu). Les plantes qui présentaient leurs deux cotylédons étalés au début du traitement ne se sont pas allongées. Parmi les 20 plantes qui avaient formé deux feuilles, 6 ont fleuri. La plupart des plantes qui avaient 5 à 6 feuilles au début du traitement ont fleuri (15 sur 20). Des témoins non vernalisés sont tous demeurés en rosette. Notons que dans le cas des plus jeunes plantules ayant allongé leur tige, l'entre-

TABLEAU XI

Influence de l'âge de la plante sur les effets d'un traitement par le froid.

Les plantes, semées en serre à des dates variables, ont été soumises à l'action d'un traitement à + 3° durant 80 jours (1). Puis elles ont été placées en serre, (éclairement continu).

Date des observations : 2 mai 1958.

Date du semis	Age des plantes à la date du transport en chambre froide (en jours)	Stade atteint par la plante à la date du traitement (nombre de feuilles formées)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (2)		
				R	T	F
18/11/1957	18	2 cotylédons	20	20	0	0
7/11/1957	29	2 feuilles	20	13	1	6
29/10/1957	38	5 à 6 feuilles	20	5	0	15

(1) Du 6/12/1957 au 24/2/1958.
(2) Voir légende tableau I.

nœud le plus proche de la base qui a présenté un allongement de plus de 3 mm était le sixième.

II. — COMPARAISON DES EFFETS DES PHOTOPÉRIODES LONGUES ET DE CEUX DES JOURS COURTS APRÈS VERNALISATION.

Au cours d'expériences répétées pendant plusieurs années, nous avons comparé les effets de photopériodes longues ou courtes, dehors ou en serre, sur des plantes vernalisées.

Les plantes semées au printemps en champ, étaient récoltées en automne, placées dans un châssis couvert seulement pendant les gelées, puis mises en pots et réparties au printemps, dehors ou en serre, dans trois conditions photopériodiques : jour naturel, éclairement continu (intensité de l'éclairement d'appoint : 1.000 lux environ), photopériode de 8 heures.

Les températures moyennes de la serre, pendant la durée de l'expérience, ont varié de 21° à 23° selon l'année et la serre utilisée. Les tableaux XII, XIII et XIV donnent les résultats observés en 1957 et en 1959.

En jour long (jour naturel ou jour continu), toutes les plantes dans la première expérience, presque toutes dans la deuxième, ont formé une tige florifère. Dans les conditions de température régnant dans la serre, l'élongation et la floraison se sont déclenchées plus rapidement qu'à l'extérieur où la température moyenne était toujours inférieure à 18°. En jour de 8 heures, dehors, quelques plantes ont fleuri, mais la floraison était peu abondante et on a toujours observé la formation d'une rosette perchée terminale. Les plantes soumises à l'action des photopériode courtes dans une serre chaude sont demeurées en rosette lorsqu'elles étaient placées en serre en février ou au début de mars. Une partie d'entre elles se sont allongées puis ont formé une rosette perchée sans avoir fleuri, lorsqu'elles étaient mises dans la serre en fin mars.

Afin de contrôler la variation d'origine génétique nous avons utilisé, dans une expérience réalisée en 1958, de petits clones obtenus par sectionnement du tubercule en quatre parties. Les quatre plantes de chaque clone ont été réparties dehors ou en serre, en jour de 8 heures ou de 24 heures (tableau XV).

En jour court, 1 plante sur 8 dans la serre, 3 plantes sur 8 à l'extérieur ont fleuri. Nous avons toujours observé, dans ces conditions, l'arrêt de la floraison et la formation d'une rosette perchée. En jour long, au contraire, toutes les plantes, après avoir fleuri et fructifié, ont formé un glomérule en position terminale.

Ces essais préliminaires avaient pour principal but de mettre à notre disposition quelques conditions contrôlées simples permettant

Tableau XII

Effets de la photopériode après vernalisation. Expérience de 1956-1957.

Les plantes, semées en champ le 18 avril 1956, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (¹).
Elles ont été soumises, à partir du 15 mars 1957, à des conditions photopériodiques différentes, dehors ou en serre.

	Photopériode	Nombre de plantes observées	Stade de développement	Nombre de plantes ayant atteint aux dates suivantes le stade indiqué							
				4/4	13/4	24/4	3/5	14/5	25/5	19/6	31/7
I. Plantes cultivées à l'extérieur.	Jour naturel	24	Rosette	18	9	7	0	0	0	0	0
			Élongation	6	15	17	24	24	24	24	24
			Floraison	0	0	0	7	9	23	23	24
	24 heures	12	Rosette	6	0	0	0	0	0	0	0
			Élongation	6	12	12	12	12	12	12	12
			Floraison	0	0	0	0	9	12	12	12
	8 heures	12	Rosette	7	5	7	7	7	7	7	7
			Élongation	5	7	5	5	5	5	5	5
			Floraison	0	0	0	2	2	2	2	2
II. Plantes cultivées en serre.	Jour naturel	12	Rosette	0	0	0	0	0	0	0	0
			Élongation	12	12	12	12	12	12	12	12
			Floraison	0	0	1	10	12	12	12	12
	24 heures	12	Rosette	1	0	0	0	0	0	0	0
			Élongation	11	12	12	12	12	12	12	12
			Floraison	0	0	2	12	12	12	12	12
	8 heures	6	Rosette	6	6	6	6	6	6	6	6
			Élongation	0	0	0	0	0	0	0	0
			Floraison	0	0	0	0	0	0	0	0

(¹) En châssis à partir du 23/10/1956.

TABLEAU XIII

Effets de la photopériode après vernalisation. Expérience de 1956-1957. Dernière observation.

Date des observations : 31 juillet 1957.

	Photopériode	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (1)				Longueur de la tige (en cm)
			R	RP		F	
				Tige végétative	Tige ayant fleuri		
I. Plantes cultivées à l'extérieur .	Jour naturel	24	0	0	0	24	63 à 99
	24 heures	12	0	0	0	12	69 à 89
	8 heures	12	7	3	2	0	5 à 21
II. Plantes cultivées en serre ...	Jour naturel	12	0	0	0	12	57 à 86
	24 heures	12	c	0	0	12	67 à 91
	8 heures	6	6	0	0	0	—

(1) Voir légende tableau I.

Tableau XIV

Effets de la photopériode après vernalisation. Expérience de 1958-1959.

Les plantes, semées en champ le 15 mai 1958, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1).
Elles ont été soumises ensuite à l'action de photopériodes longues ou de photopériodes courtes, en serre, à diverses dates.

Date du transport en serre	Photopériode	Date des observations	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (2)			Longueur de la tige (en cm)
				R	RP (tige végétative)	F	
10/2/1959	Jour naturel	20/7/1959	15	0	2	13	70 à 103
	8 heures	»	7	7	0	0	—
6/3/1959	Jour naturel	20/7/1959	40	0	1	39	67 à 91
	24 heures	»	4	0	0	4	85 à 109
	8 heures	»	5	5	0	0	—
26/3/1959	Jour naturel	26/6/1959	7	0	0	7	78 à 97
	8 heures	»	7	2	5	0	5 à 11

(1) En châssis à partir du 28/10/1958.
(2) Voir légende tableau I.

de séparer nettement, d'une manière expérimentale, la vernalisation et l'action des jours longs.

Tableau XV

Comparaison, dans un même clone, des effets de la photopériode après vernalisation.

Les plantes, semées en champ le 3 avril 1957, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1). Elles ont été sectionnées en quatre parties constituant un clone et soumises à différentes conditions, le 2 avril 1958.

Date des observations : 26 juillet 1958.

Photopériode	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (2).		
		RP		F
		Tige végétative	Tige ayant fleuri	
24 heures dehors	8	0	0	8 (67 à 91 cm)
— en serre	8	0	0	8 (59 à 76 cm)
8 heures dehors	8	5 (10 à 25 cm)	3 (38 à 73 cm)	0
— en serre	8	7 (10 à 20 cm)	1 (41 et 62 cm)	0

(1) En châssis à partir du 10/10/1957.
(2) Voir légende tableau I.

Ils ont d'abord montré que les betteraves de la variété bisannuelle étudiée peuvent être conservées à l'état végétatif, en jour naturel, à une température variable, les minimums étant supérieurs à 13°, la température moyenne variant de 18° à 21° environ. En jour de 24 heures, réalisé à l'aide d'un éclairement d'appoint d'une intensité voisine de 1.000 lux, la température minimale étant supérieure à 16°, les plantes sont demeurées également en rosette.

Dans les mêmes conditions de température, la plupart des plantes se sont allongées et ont fleuri après un traitement par le froid (+ 5°) d'une durée de deux mois environ.

L'action des températures relativement basses est plus efficace sur les plantes qui ont formé 6 feuilles que sur celles qui n'en ont produit que 2 au début du traitement. Il paraît inefficace, dans les conditions de notre expérience, au stade cotylédonaire.

Nous avons ensuite vérifié que notre matériel se comportait bien comme une plante typiquement héméropériodique. Notons cependant, qu'après vernalisation complète, nous avons parfois observé la production de fleurs sur des plantes qui recevaient 8 heures d'éclairement journalier à l'extérieur ; mais dans ce cas, la floraison dure peu de temps et la plante reprend le port en rosette qui paraît caractéristique de l'état végétatif.

CHAPITRE II

ÉTUDES SUR LE DÉVELOPPEMENT DE *BETA VULGARIS* L.

I. — ÉTUDE DES EFFETS DE L'ACIDE GIBBÉRELLIQUE SUR DES PLANTES NON VERNALISÉES.

Nous avons voulu voir si des traitements par l'acide gibbérellique pouvaient suppléer l'action vernalisante du froid chez la Betterave bisannuelle. Nous avons donc effectué des traitements, en jour long ou en jour court, dans des conditions choisies de manière que les témoins demeurent en rosette.

Nous avons étudié, au préalable, l'influence de divers facteurs sur les effets du traitement par l'acide gibbérellique : dose de produit employée, espacement des traitements, âge de la plante.

A. — Étude préliminaire. Influence de divers facteurs sur les effets du traitement par l'acide gibbérellique.

1. — Dose d'acide gibbérellique utilisée.

La variation des effets produits par l'acide gibbérellique sur l'élongation caulinaire suivant la dose de substance utilisée a été étudiée avec de jeunes plantes (38 jours, 4 à 6 feuilles formées). D'une part, des doses croissantes allant de 5 µg à 3.000 µg ont été administrées en une seule fois (tableau XVI). D'autre part, dans un deuxième essai, plusieurs traitements de 50 µg (1,2, 3 et 10) ont été effectués (tableau XVII). 10 µg par plante (0,1 ml de solution à 100 ppm) est la plus faible dose qui, dans nos expériences, a provoqué un très faible allongement de la tige.

Cependant l'élongation produite par un seul traitement est toujours faible. Elle n'a été que de 5,2 cm (moyenne des mesures de 12 plantes) pour 3.000 µg.

En raison de la faible élongation produite et de l'hétérogénéité génétique du matériel végétal étudié, il ne pouvait être question d'établir la courbe de réponse en fonction de la dose. Notons seulement qu'une même dose de produit est plus efficace lorsqu'elle est répartie en plusieurs traitements que lorsqu'elle est administrée en une seule fois. L'élongation provoquée par 500 µg d'acide gibbérellique répartis en 10 trai-

tements a même été plus grande que celle provoquée par 3.000 µg déposés en une seule fois (9,8 cm au lieu de 5,2).

Tableau XVI

Influence de la dose d'acide gibbérellique sur l'élongation caulinaire. Dose appliquée en un seul traitement.

Les plantes, semées en serre (jour naturel) le 29 octobre 1957, étaient âgées de 38 jours et avaient produit 5 feuilles environ à la date du traitement.

Date des observations : 12 mai 1958.

Dose (µg par plante)	Longueur de la tige en cm (1)
5	0 (rosette)
10	1,9
20	1,7
50	2,5
100	3,2
150	2,8
500	4,8
1000	5,0
3000	5,2

(1) Moyenne des mesures de 12 plantes.
Date du traitement : 6 décembre 1957.

Tableau XVII

Influence de la dose d'acide gibbérellique sur l'élongation caulinaire. Dose répartie en plusieurs fois.

Date des observations 12 mai 1958.

µg par plante	Longueur de la tige en cm (1)
50	2,8
100 (2 fois 50)	4,1
150 (3 fois 50)	5,9
500 (10 fois 50)	9,8

(1) Moyenne des mesures de 12 plantes.
Date des traitements : 6/12, 10/12, 14/12, 21/12/1957 ; 18/1, 11/2, 19/2, 21/3, 28/3, 9/4/1958.

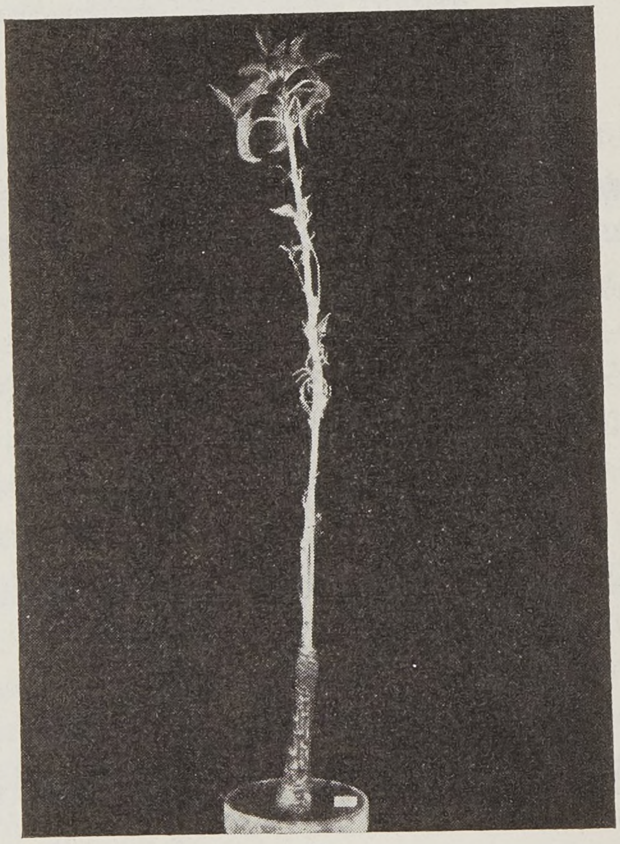
2. — **Effets de deux séries de traitements espacées.**

Plusieurs observations préliminaires nous ont montré que lorsque les traitements sont interrompus, la plante forme à nouveau des entre-nœuds courts et reprend le port en rosette. Un nouveau traitement provoque une nouvelle élongation.

La plante de la fig. 5 fournit un exemple particulièrement net d'élongation de la tige interrompue entre deux séries de traitements. Cette plante fait partie d'un ensemble de 15 plantes qui ont été semées



A



B

FIG. 5. — Plante ayant allongé sa tige à deux reprises à la suite de deux séries de traitements par l'acide gibbérellique.

Après une première série de 6 traitements par l'acide gibbérellique effectués dehors (du 26 mai au 7 juillet 1959) la plante (semée en champ le 7 avril) a été transportée en serre chaude (éclairement continu). Après être restée 195 jours sans traitement, elle a été traitée à nouveau à partir du 18 janvier 1960, généralement 2 fois par semaine (1 500 µg d'acide gibbérellique par traitement).—

A : Photographie prise le 1er mars 1960, après 13 traitements. — B : Photographie prise le 12 mai 1960, après 39 traitements.

en champ le 7 avril 1959 et ont subi une série de 6 traitements, dehors (par 100 µg d'acide gibbérellique, du 26 mai au 7 juillet). 16 jours après le dernier traitement, les tiges de 13 plantes s'étaient allongées de 5 à 21 cm. Les 50 témoins non traités sont demeurés en rosette.

5 plantes ont été transportées en serre chaude (température moyenne voisine de 20°) et ont été soumises à l'action d'un éclairement continu à partir du 23 juillet. Toutes ont formé une rosette perchée. L'une d'entre elles a été traitée à nouveau par l'acide gibbérellique à partir du 18 janvier 1960. Après avoir reçu 33 traitements de 1.500 µg (fig. 5 B) la plante avait allongé sa tige à nouveau de 90 cm mais elle était demeurée végétative.

3. — Age de la plante.

a) Essai préliminaire.

Les résultats d'un premier essai sont consignés dans le tableau XVIII. 7 groupes de plantes d'âges différents ont été traités à trois reprises par 100 µg d'acide gibbérellique, dans une serre, en jour naturel. A la date du premier traitement l'âge des plantes variait de 29 à 597 jours. Les plantes âgées de 29, 38 ou 79 jours avaient été élevées en serre, tandis que les plantes âgées de 115, 183 et 247 jours avaient été semées à des dates échelonnées, en champ et cultivées dans des conditions naturelles

Tableau XVIII

Influence de l'âge de la plante sur les effets du traitement par l'acide gibbérellique, en l'absence de vernalisation. Expérience de 1957-1958.

Date des observations : 11 février 1958.

Date du semis	Age des plantes à la date du 1er traitement (en jours)	Nombre approximatif de feuilles formées à la date du 1er traitement	Témoins	Plantes traitées par GA		
			Nombre de plantes observées (100% en rosette)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant allongé leur tige	Longueur de la tige (en cm)
7/11/1957 (1)	29	2	8	20	20	2 à 7
29/10/1957 (1)	38	6	8	20	20	9 à 16
18/9/1957 (1)	79	12	5	12	12	2 à 10
13/8/1957 (2)	115	36	12	12	12	4 à 7
6/6/1957 (2)	183	60	5	12	10	3 à 6
3/4/1957 (2)	247	82	3	10	6	2 à 4
18/4/1956 (3)	597	plus de 200	3	5	2	2 à 5

(1) Plantes élevées en serre (jour naturel).
(2) Plantes semées et cultivées en champ, puis placées en serre (jour naturel) le 9/10/1957.
(3) Plantes semées et cultivées en champ, puis placées en serre (jour naturel) le 12/10/1956.
Dates des traitements par GA (100 µg par plante et par traitement) : 6/12, 14/12 et 30/12/1957
Dans cette expérience aucune plante n'a formé d'ébauches florales visibles.

puis mises en pots et placées dans une serre en automne. Les plantes âgées de 597 jours, semées en 1956, avaient été cultivées en champ comme les plantes précédentes, puis mises dans la serre où elles avaient séjourné pendant plus d'un an avant le traitement.

Dans chaque groupe de plantes, on a conservé comme témoins des plantes non traitées qui sont toutes demeurées en rosette. Suivant les groupes, la totalité des plantes ou une partie d'entre elles ont allongé leur tige. L'élongation était d'ailleurs assez faible, la longueur de la tige variant à la fin de l'expérience de 2 à 16 cm.

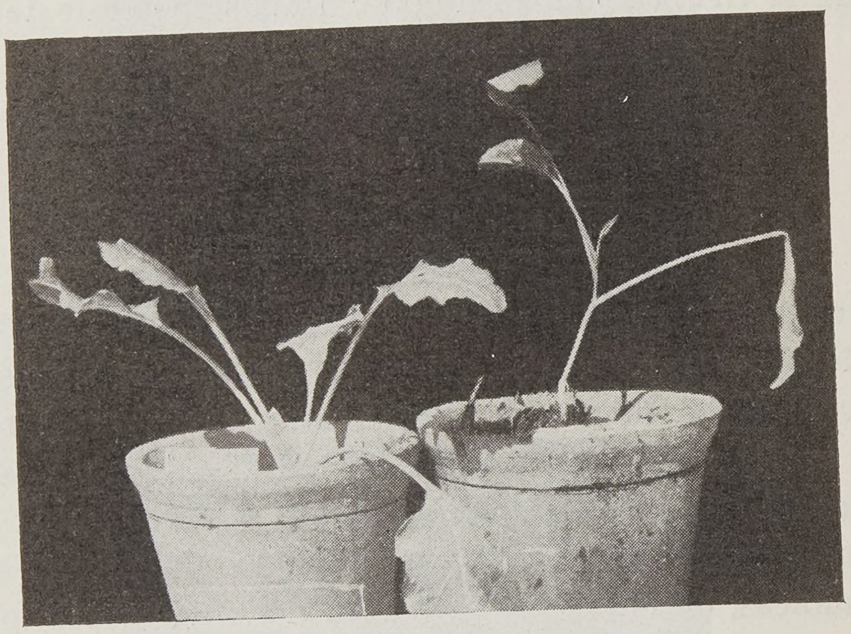


FIG. 6. — Effet d'un traitement par l'acide gibbérellique sur une plante âgée de 79 jours. La plante traitée (*à droite*) a subi 3 traitements de 100 μg d'acide gibbérellique (voir tableau XVIII). — *A gauche* : plante témoin.

Les différences de comportement entre plantes de différents âges ont porté sur le pourcentage de plantes qui se sont allongées et sur la longueur de la tige. Parmi les plantes âgées de 247 et de 597 jours à la date du premier traitement, 4 sur 10 et 3 sur 5 respectivement sont demeurées en rosette alors que la totalité des plantes âgées de 115 jours ou moins se sont allongées à la suite des traitements. La longueur de la tige des plantes de 247 ou de 597 jours était plus petite que celle des plantes âgées de 38 jours.

La figure 6 montre l'aspect typique d'une plante relativement jeune (79 jours) élevée en serre et traitée trois fois par 100 μg d'acide gibbérellique.

b) Recherche de l'age minimum à partir duquel un traitement par l'acide gibbérellique peut provoquer l'élongation caulinaire.

Dans une première expérience effectuée en 1957, nous avons traité de très jeunes plantules peu de temps après leur germination. Les glomérules étaient lavés dans l'eau courante pendant 4 heures puis disposés

dans des boîtes de Pétri sur du papier filtre humide et mis à germer dans une étuve à 25°. Après 8 jours de séjour à l'étuve, les plantules dont la racine s'était développée et avait quelques millimètres de longueur ont été trempées pendant deux heures dans une solution d'acide gibbérellique à 100 ppm. Les plantes ont été repiquées en terrine et placées en

TABLEAU XIX

Influence d'un traitement par l'acide gibbérellique sur l'élongation de jeunes plantules.

Date des observations : 26 janvier 1960.

Stade à la date du traitement	Plantes témoin	Plantes traitées par GA [1]		
	Nombres de plantes observées (100 % en rosette)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant allongé leur tige	Longueur de la tige (en mm)
4 feuilles................	25	23	23	4 à 10
2 cotylédons bien étalés ..	25	25	20	3 à 9

[1] Deux traitements par 500 µg d'acide gibbérellique ont été effectués les 13 et 18/1/1960.

serre. Les observations ont été effectuées le 3 février 1958, 59 jours après le traitement. Les 46 plantes traitées et les 42 plantes témoins avaient formé 2 ou 3 feuilles. Aucune différence appréciable ne fut observée entre les deux lots. Aucune plante ne s'était allongée.



FIG. 7. — Effet d'un traitement par l'acide gibbérellique sur de jeunes plantules de betterave. La plante de droite a été traitée deux fois, à 5 jours d'intervalle, par 500 µg d'acide gibbérellique, au stade cotylédons étalés. — Remarquer l'allongement du premier entre-nœud de la tige. *A gauche,* témoin non traité.

Une deuxième expérience a été réalisée avec des plantules présentant leurs deux cotylédons bien étalés, les premières feuilles ayant moins de 2 mm de longueur. Deux traitements par 500 µg d'acide gibbérellique

ont été effectués à 5 jours d'intervalle ; 13 jours après le premier traitement, 20 plantes sur 25 avaient allongé le premier entre-nœud de la tige (de 3 à 9 mm). 23 plantes, traitées au stade 4 feuilles, ont présenté également un début d'élongation caulinaire (tableau XIX).

La Betterave est donc apte à allonger le premier entre-nœud de la tige (fig. 7), alors qu'un traitement par le froid paraît avoir peu d'action sur le déclenchement de l'élongation caulinaire lorsque les plantules sont très jeunes. Il semble d'autre part que ce soient des entre-nœuds d'un rang plus élevé qui s'allongent les premiers sous l'effet de la vernalisation (chapitre II).

B. — Comparaison des effets de l'acide gibbérellique sur l'élongation de plantes non vernalisées, selon la photopériode.

En traitant par l'acide gibbérellique des betteraves maintenues en serre chaude, nous avons cherché à voir si la gibbérelline A_3 pouvait



FIG. 8. — Effet de l'acide gibbérellique sur une betterave conservée en serre chaude, en jour long. Plante semée le 6 juin 1957, placée en serre (jour de 24 heures) le 15 octobre et traitée 18 fois par 100 µg d'acide gibbérellique, du 4 novembre 1957 au 2 mai 1958. — Photographie du 12 juin 1958. La tige qui s'est allongée sous l'effet du traitement, est demeurée végétative.

remplacer l'action vernalisante du froid en jour long ou même provoquer la mise à fleurs en jour court. Si le traitement par l'acide gibbérellique déclenchait la floraison en jour long mais non en jour court, son effet serait analogue à celui de la vernalisation et l'on pourrait alors penser

Tableau XX

Comparaison des effets de l'acide gibbérellique sur l'élongation de plantes non vernalisées, selon la photopériode.

	Age des plantes à la date du premier traitement (en jours)	Photopériode	Date des observations	Témoins	Plantes traitées par GA			
				Nombre de plantes observées (100 % en rosette)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant allongé leur tige	Longueur de la tige (en cm)	
							Moyenne	Variation
I. Première expérience (1)	151 (3)	24 heures	5/7/1958	5	8	7	20,7	14 à 27
	151 (3)	8 heures	»	2	4	4	19,2	15 à 24
II. Deuxième expérience (2)	316 (4)	24 heures	26/6/1959	7	7	7	11,6	6 à 15
	316 (4)	8 heures	»	7	7	7	12,1	7 à 18

(1) Semis en champ : 6/6/1957. — Transport en serre : 15/10/1957.
(2) Semis en champ : 15/5/1958. — Transport en serre : 27/10/1958.
(3) 18 traitements par 100 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 4/11/1957 au 2/5/1958.
(4) 8 traitements par 100 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 27/3 au 27/4/1959.

que, dans le cas de la Betterave bisannuelle, la vernalisation provoque l'allongement de la tige, et les jours longs la formation des ébauches florales.

Le tableau XX donne les résultats de deux expériences réalisées en 1958 et 1959. 18 et 8 traitements (100 μg d'acide gibbérellique par plante et par traitement) ont été effectués respectivement sur des plantes âgées de 151 et de 316 jours. Dans chaque expérience, les plantes étaient réparties en deux groupes soumis l'un à un éclairement continu, l'autre à l'action de photopériodes de 8 heures. Sauf dans un cas, toutes les plantes traitées ont allongé leur tige mais aucune n'a formé d'ébauches florales visibles. La fig. 8 présente un exemple typique de l'aspect des plantes traitées.

TABLEAU XXI

Comparaison des effets de l'acide gibbérellique sur l'élongation de plantes non vernalisées, selon la photopériode.

Les plantes, semées en serre (jour naturel) le 6 mars 1959, ont été soumises à différentes photopériodes à partir du 19 mai, puis une partie d'entre elles ont été traitées par l'acide gibbérellique [1].

Date des observations : 7 septembre 1959.

Photopériode	Témoins Nombre de plantes observées (100 % en rosette)	Plantes traitées par GA		Longueur de la tige (en cm)	
		Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant allongé leur tige	Moyenne	Variation
Jour naturel (serre)	5	12	12	14,3	9 à 21
24 heures (dehors)	5	12	12	11,8	8 à 16
8 heures (serre)...	5	12	12	15,4	12 à 20

Analyse statistique de la variation, selon la photopériode, de la longueur de la tige des plantes traitées.

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance	F	
				Calculé	de la table de Snedecor P = 0,05
Photopériode	81,0	2	40,5	0,416 NS	3,3
Erreur	321,3	33	97,4		
Total	402,3	35			

(1) 18 traitements par 100 μg d'acide gibbérellique ont été effectués du 19 mai au 6 août 1959.

Une autre série expérimentale (tableau XXI) a été réalisée avec des plantes jeunes élevées en serre et âgées de 74 jours à la date du premier traitement. Avant le traitement, les plantes ont été réparties en trois lots placés respectivement dans trois conditions : jour naturel ou

jour de 8 heures en serre, éclairement continu dehors. 18 traitements ont été effectués. L'analyse statistique de la variation de la longueur de la tige, effectuée par la méthode de l'analyse de la variance (F de Snedecor), n'a fait apparaître aucune différence significative entre les plantes cultivées soit en serre, en jour court ou en jour long, soit dehors en jour long.

Nous nous sommes cependant demandé si l'inaptitude du traitement à provoquer la floraison en jour long ne provenait pas de l'insuffisance de la dose de produit utilisée.

21 traitements de 1.500 µg (par plante et par traitement) ont été effectués du 30 décembre 1959 au 11 mars 1960 (deux traitements par semaine) sur des plantes semées en champ en avril 1959 et placées en serre le 10 septembre. Les tubercules ont été sectionnés afin de constituer des clones. Quatre plantes ont été traitées par l'acide gibbérellique. Chacune d'elles pouvait être comparée avec un témoin appartenant au même clone. Le 17 mars 1960, les quatre plantes avaient, sous l'effet du traitement, formé des tiges de 29, 31, 42 et 54 cm respectivement. Aucune n'avait produit d'ébauches florales visibles. Les témoins étaient demeurés en rosette. Le nombre de feuilles des témoins et celui des plantes traitées étaient comparables (moyennes : 15 et 16).

Des traitements répétés par de fortes doses d'acide gibbérellique n'ont donc pas provoqué la floraison en serre chaude. Et, en l'absence de toute vernalisation, nous n'avons pas observé de variation significative de l'allongement des plantes traitées selon la photopériode.

C. — Comparaison des effets d'un traitement par l'acide gibbérellique et d'un traitement par le froid.

Les expériences précédentes permettent de dégager quelques remarques sur la comparaison entre les effets d'un traitement par l'acide gibbérellique et ceux de la vernalisation par le froid.

Nous avons vu que lorsque des betteraves bisannuelles sont soumises à un éclairement continu, dans une serre, après un séjour de 31 ou de 61 jours à + 5°, une partie des plantes s'allongent et fleurissent (tableau X, chapitre I, I). Mais le comportement des betteraves paraît être du type tout ou rien : presque toutes les plantes qui s'allongent fleurissent également. Et lorsque la durée du traitement par le froid est insuffisante, une partie des plantes de la population (qui n'est pas génétiquement homogène) demeurent en rosette.

Par contre, le traitement gibbérellinique provoque l'élongation chez la plupart des plantes traitées ; mais des traitements répétés, correspondant à une dose totale très élevée (21 fois 1.500 µg), n'ont pas provoqué, dans les conditions de nos expériences, la floraison de plantes soumises à un éclairement continu.

Chez *B. vulgaris*, il ne semble pas y avoir concordance entre la sensibilité à la gibbérelline A_3 et la réaction de la plante au traitement par le froid, aux divers âges. Ce sont les jeunes plantes qui réagissent le plus aux traitements par l'acide gibbérellique ; et le premier entre-nœud de la tige est lui-même apte à s'allonger sous l'action du traitement. Cependant, les jeunes plantules paraissent peu sensibles à l'effet du froid. Au contraire, les plantes âgées, qui demeurent en rosette à la suite d'un traitement par l'acide gibbérellique peu intense, peuvent être vernalisées par les basses températures.

Le fait que la gibbérelline A_3 peut provoquer l'élongation du premier entre-nœud de la tige, tandis que l'entre-nœud le plus proche de la base qui s'est allongé après la vernalisation était le sixième dans nos expériences, suggère que le processus qui permet à la plante de s'allonger en jour long pourrait mettre un certain temps à agir après la vernalisation, bien que la plante soit apte à allonger le premier entre-nœud de sa tige.

En conclusion, dans nos conditions expérimentales, les traitements par l'acide gibbérellique effectués sur une variété bisannuelle de *B. vulgaris* n'ont pas permis de remplacer totalement la vernalisation par le froid même lorsque l'on employait des doses très élevées.

Mais la gibbérelline A_3 a provoqué l'un des effets de la vernalisation, l'allongement de la tige, permettant ainsi de dissocier expérimentalement l'élongation caulinaire et la floraison.

II. — ÉTUDE DES EFFETS DE L'ACIDE GIBBÉRELLIQUE SUR DES PLANTES VERNALISÉES.

Nous venons de montrer que l'acide gibbérellique provoquait, chez la Betterave bisannuelle, en l'absence de vernalisation, une élongation de la tige, relativement faible d'ailleurs, mais ne déclenchait pas la mise à fleurs dans les conditions de nos expériences, ni en jour court, ni en jour long.

Nous nous sommes alors demandé si, après vernalisation, des traitements par l'acide gibbérellique ne pouvaient pas remplacer l'action des photopériodes longues. Il nous a paru également intéressant d'étudier la variation des effets de l'acide gibbérellique selon le stade de développement de la plante atteint en jour long au moment du traitement.

Enfin, nous avons cherché à voir quels seraient les effets de traitements par l'acide gibbérellique s'ils étaient effectués dans des conditions

limites qui provoqueraient l'élongation d'une partie seulement de nos plantes. Nous avons réalisé ces conditions de deux manières : en faisant subir aux plantes un traitement par le froid de courte durée ; en soumettant les plantes à un éclairement continu dans une serre à température peu élevée.

A. — Effets de traitements effectués après une vernalisation normale.

1. — Étude comparative des effets du traitement par l'acide gibbérellique selon la photopériode.

La variation des effets de l'acide gibbérellique sur des plantes vernalisées, suivant la photopériode, est mise en évidence par l'expérience suivante.

Des plantes vernalisées par le froid de l'hiver sont placées en serre au printemps (26 mars 1959) et soumises à l'action d'un éclairement continu ou de photopériodes de 8 heures. Une partie d'entre elles sont alors traitées par l'acide gibbérellique (8 traitements de 100 μg par plante).

A la fin de l'expérience (26 juin) toutes les plantes ont fleuri et fructifié en jour long ; aucune n'a fleuri en jour court.

La comparaison, selon la photopériode, des effets du traitement par l'acide gibbérellique sur l'élongation caulinaire peut être faite d'après les données du tableau XXII.

Dans tous les cas, l'acide gibbérellique a provoqué ou accru l'allongement de la tige. Mais, alors que chez les plantes non vernalisées la longueur de la tige ne paraît pas varier sous l'effet de la photopériode, après vernalisation au contraire, l'élongation est beaucoup plus forte en jour continu qu'en jour court.

Le tableau XXIII présente les résultats d'une expérience qui a été réalisée avec des clones de quatre plantes (obtenus par sectionnement du tubercule en quatre parties), afin d'éliminer la variation d'origine génétique. Notons que, dans ce cas, les observations ont porté nécessairement sur le comportement des bourgeons axillaires qui se sont développés à l'aisselle des feuilles de la rosette et non plus sur celui du bourgeon principal. Les plantes placées en serre le 11 décembre 1959 après une vernalisation (peut-être incomplète) réalisée dehors en éclairement continu, ont été traitées ou non par l'acide gibbérellique (15 traitements de 1.500 μg) en jour de 7 heures ou de 18 heures.

Le 22 février, les plantes soumises à l'action des jours courts étaient demeurées végétatives ; la tige des plantes traitées par l'acide gibbérellique s'était allongée de 18 à 31 cm. En jour long, trois témoins portaient des boutons floraux, les deux autres s'étant faiblement allongés. Les cinq plantes traitées avaient produit des boutons floraux ou des fleurs.

La longueur de la tige variait de 1 à 29 cm (moyenne 10,8) dans le cas des témoins, de 34 à 73 cm (moyenne 57,4) dans le cas des plantes traitées.

TABLEAU XXII

Comparaison des effets de l'acide gibbérellique sur l'élongation de plantes vernalisées ou non et soumises à l'action de photopériodes courtes ou longues.

Les plantes, semées en champ le 15 mai 1958, ont été soumises à l'action de photopériodes de 8 heures ou d'un éclairement continu, en serre, après avoir été vernalisées ou non (1).

Puis une partie d'entre elles ont été traitées par l'acide gibbérellique. (2)

Date des observations : 26 juin 1959.

	Photopériode	Longueur de la tige (en cm) (3)	
		Plantes témoins	Plantes traitées par GA
Plantes non vernalisées	24 heures	0	11,6 (6 à 15)
—	8 heures	0	12,1 (7 à 18)
Plantes vernalisées	24 heures	80,0 (68 à 89)	95,4 (79 à 111)
—	8 heures	0	23,1 (16 à 38)

Analyse statistique de la variation de la longueur de la tige.

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance	F		
				Calculé	de la table de Snedecor	
					P = 0,05	P = 0,01
Vernalisation	26 753,1	1	26 753,1	751,5 S	4,04	7,17
Photopériode	20 140,0	1	20 140,0	565,7 S	—	—
Traitement par GA	3 394,4	1	3 394,4	95,3 S	—	—
Vernalisation × photopériode	20 444,7	1	20 444,7	574,3 S	—	—
Vernalisation × GA	193,3	1	193,3	5,4 S	—	—
Photopériode × GA	60,3	1	60,3	1,7 NS	—	—
Vernalisation × photopériode × GA	44,4	1	44,4	1,2 NS	—	—
Erreur	1 707,2	48	35,6			
Total	72 737,4	55				

(1) En châssis le 28/10/1958, puis en serre le 26/3/59 ; ou en serre le 27/10/1958.
(2) 8 traitements par 100 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 27/3 au 27/4 1959.
(3) Moyenne des mesures de 7 plantes.

Les traitements ont été continués jusqu'au 11 mars, sur deux plantes, en jour court. Ces plantes, qui avaient subi, au total, 22 traitements par 1.500 µg d'acide gibbérellique, n'avaient pas formé d'ébauches florales visibles, le 17 mars. Les longueurs de leur tige étaient respectivement 29 et 31 cm.

L'analyse statistique de la variation de la longueur de la tige

(tableau XXIII) met en évidence l'effet de l'acide gibbérellique et montre également qu'il existe une interaction entre le traitement par l'acide gibbérellique et le traitement photopériodique.

Tableau XXIII

Comparaison, dans un même clone, des effets de l'acide gibbérellique selon la photopériode, sur des plantes vernalisées.

Les plantes, semées en champ le 7 avril 1959, ont été sectionnées en quatre parties le 6 novembre. Les quatre parties d'une même plante sont restées dehors en éclairement continu jusqu'au 11 décembre. Puis elles ont été placées en serre et elles ont subi quatre traitements différents.

Date des observations : 22 février 1960.

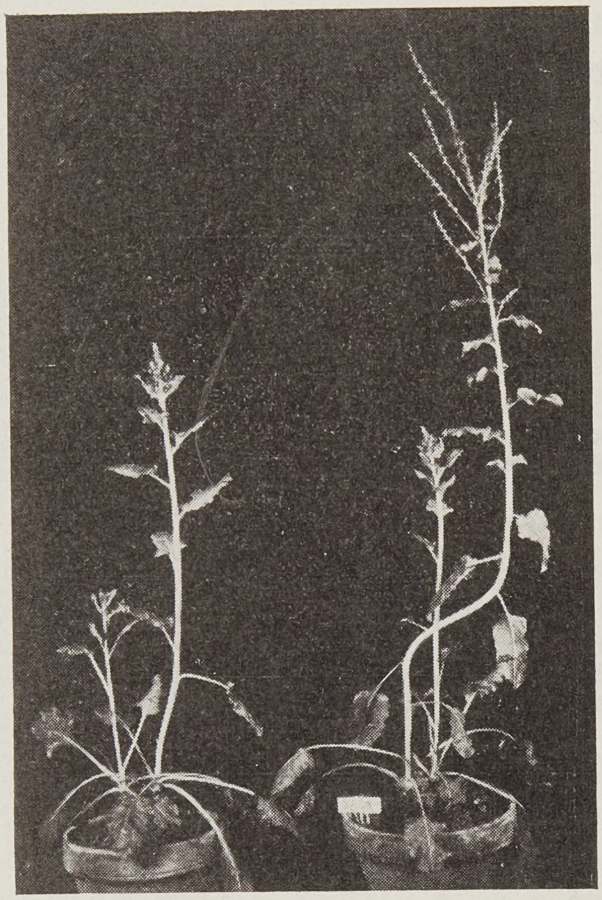
	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué				Longueur de la tige (en cm)	
		Rosette	Élongation	Boutons floraux	Floraison	Moyenne	Variation
18 heures							
Témoins	5	0	2	3	0	10,8	1 à 29
Plantes traitées par GA (1)	5	0	0	2	3	57,4	34 à 73
7 heures							
Témoins	5	5	0	0	0	0	—
Plantes traitées par GA (1)	5	0	5	0	0	24,2	18 à 31

Analyse statistique de la variation de la longueur de la tige.

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance	F	
				Calculé	de la table de Snedecor (P = 0,05)
Photopériode	2 420	1	2 420	18,7 S	5,32
Erreur 1	1 032,8	8	129,1		
Traitement par GA	6 265,8	1	6 265,8	81,4 S	5,32
Photopériode × GA	627,2	1	627,2	8,1 S	5,32
Erreur 2	616	8	77,0		
Total	10 961,8	19			

(1) 15 traitements par 1500 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 28/12/1959 au 15/2/1960.

Les fig. 9 et 10 montrent bien les différences entre quatre plantes d'un même clone soumises aux quatre traitements. La fig. 11 présente un autre exemple de quatre plantes d'un même clone traitées ou non par l'acide gibbérellique, en jour court ou en jour long, après vernalisation. Remarquer que la longueur de la tige de la plante traitée en jour long est supérieure à celle de la plante traitée en jour court.



A



B

Fig. 9. — Plantes d'un même clone, traitée ou non par l'acide gibbérellique, en jour long, après vernalisation.

Les deux plantes font partie d'un clone de 4 plantes constitué par sectionnement d'un tubercule en quatre parties (voir tableau XXIII). Après être restées dehors jusqu'au 11 décembre, les plantes ont été placées en serre en jour de 18 heures. L'une a été traitée 15 fois par 1 500 µg d'acide gibbérellique (du 28/12/1959 au 15/2/1960). — A : Vue d'ensemble. — B : Gros plan. — *A gauche :* témoin. *A droite :* plante traitée.



FIG. 10. — Plantes d'un même clone, traitée ou non par l'acide gibbérellique, en jour court, après vernalisation.

Les deux plantes font partie du même clone que celles de la figure 9. Après être restées dehors jusqu'au 11 décembre, les plantes ont été placées en serre (jour de 7 heures). L'une a été traitée 15 fois par 1 500 µg d'acide gibbérellique (du 28/12/1959 au 15/2/1960). — *A gauche :* témoin. *A droite :* plante traitée. Remarquer que les entre-nœuds de la plante traitée sont longs et qu'aucune ébauche florale n'est visible. La plante témoin n'a formé que des rosettes.



FIG. 11. — Plantes d'un même clone, traitées ou non par l'acide gibbérellique, en jour court et en jour long.

De gauche à droite : témoin en 18 heures, plante traitée par GA en 18 heures, témoin en 7 heures, plante traitée par GA en 7 heures. Les deux plantes de gauche ont formé des ébauches florales en jour long. Le témoin en jour court est demeuré en rosette. L'acide gibbérellique a provoqué une plus forte élongation en jour long qu'en jour court.

2. — Influence du stade de développement sur les effets de traitements effectués en jour long.

Les betteraves soumises à l'action de photopériodes courtes, en serre chaude, après vernalisation, demeurent généralement en rosette. Nous venons de voir que, dans ces conditions, l'acide gibbérellique a provoqué un allongement de la tige, mais n'a pas déclenché la mise à fleurs, même lorsque les traitements étaient répétés. Lorsque les traitements sont effectués en jour long sur des plantes vernalisées, les témoins fleurissant tous, l'effet de la gibbérelline A_3 sur l'élongation caulinaire est variable selon le stade de développement atteint par la plante lors du traitement.

Dans une première expérience (tableau XXIV), deux groupes de 7 plantes vernalisées dans les conditions naturelles ont été soumis en serre chaude (éclairement continu) à une série de 8 traitements par 100µg d'acide gibbérellique effectués, soit au stade rosette dès la mise en serre, soit à la floraison.

Tableau XXIV

Comparaison des effets de l'acide gibbérellique sur l'élongation caulinaire des plantes cultivées en jour long, après vernalisation, selon le stade atteint à la date des traitements.

Les plantes, semées en champ le 15 mai 1958, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1). Elles ont été placées en serre (en éclairement continu) le 26 mars 1959. Puis elles ont été traitées par l'acide gibbérellique à deux stades différents.

	Date des observations	Longueur de la tige (en cm) (2)	
		Plantes témoins	Plantes traitées par GA
I. Plantes traitées au stade rosette (3)	16/5/1959 26/6/1959	53,7 (41 à 62) 80,0 (68 à 89)	78,4 (67 à 92) 95,4 (85 à 111)
II. Plantes traitées au stade floraison (4)	26/6/1959	»	86,0 (73 à 95)

(1) En châssis à partir du 28/10/1958.
(2) Moyenne des mesures de 7 plantes.
(3) 8 traitements par 100 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 27/3 au 27/4/1959.
(4) 8 traitements par 100 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 5/5 ou 3/6/1959.

Le traitement par l'acide gibbérellique a accru l'élongation de la tige, lorsqu'il était effectué au stade rosette. Cet accroissement, qui était considérable trois semaines après le dernier traitement (longueurs moyennes des tiges des plantes traitées et des témoins : 78,4 et 53,7 cm) s'est atténué après deux mois.

Le tableau XXV donne les résultats de deux essais effectués avec des plantes cultivées en champ dans les conditions naturelles. Les plantes semées à l'automne sont demeurées dans le champ en hiver, puis elles ont été traitées par l'acide gibbérellique au début de la floraison. Lorsque les plantes ont atteint leur taille définitive, la longueur des tiges des plantes traitées n'était pas significativement différente de celle des témoins.

TABLEAU XXV

Effets de l'acide gibbérellique sur des plantes soumises à l'action de photopériodes longues après vernalisation, dans les conditions naturelles, en champ.

Les traitements ont été effectués en champ, en été, sur des plantes semées à la fin de l'été précédent.

	Longueur de la tige (en cm) [1]		Test t de Student-Fisher
	Plantes témoins	Plantes traitées par GA	
I. Première expérience (1957-1958) Date du semis : 13/8/1957 ... Date des traitements : 11/6 et 5/7/1958 Date des observations : 23/7/1958	102,3	96,1	t calculé : 1,087 (non significatif) t de la table : 1,76 (P = 0,10)
II. Deuxième expérience (1958-1959) Date du semis : 9/9/1958 Date des traitements : 6/6, 15/6 et 23/6/1959 Date des observations : 20/7/1959	94,9	93,7	t calculé : 0,141 (non significatif) t de la table : 1,90 (P = 0,10)

[1] Moyenne des mesures de 15 plantes dans la première expérience, de 8 plantes dans la deuxième.

B. — Effets de traitements par l'acide gibbérellique effectués après une « induction photothermique » voisine du seuil d'efficacité.

1. — Influence d'un traitement par le froid de courte durée sur les effets du traitement par l'acide gibbérellique.

Après avoir montré que l'acide gibbérellique ne provoquait pas, en jour court, la floraison des betteraves vernalisées, alors que les plantes cultivées en jour long dans les mêmes conditions de température, après vernalisation, fleurissaient normalement, nous nous sommes demandé quel serait l'effet de traitements par l'acide gibbérellique effectués sur des plantes qui auraient subi un traitement par le froid de courte durée.

Afin d'essayer de répondre à cette question nous avons réalisé la série expérimentale suivante.

a) Première expérience.

De jeunes plantes, âgées de 60 jours et ayant formé 4 à 6 feuilles ont été placées en chambre froide (+ 3°) pendant 41 jours. Puis elles ont été mises en serre (éclairement continu) à nouveau, et elles ont été traitées par l'acide gibbérellique, une fois par semaine pendant quatre semaines (tableau XXVI). Parmi les témoins, 7 plantes sur 10 sont demeurées en rosette, 2 plantes ont allongé leur tige de quelques centimètres, une seule a fleuri ; 9 plantes traitées sur 10 ont fleuri.

Un groupe de 10 plantes avait été conservé en serre sans avoir subi l'action du froid. Les 5 plantes traitées par l'acide gibbérellique ont allongé leur tige (de 8 à 14 cm) sans fleurir. Les 5 plantes témoins sont demeurées en rosette.

Tableau XXVI

Effets d'un traitement par l'acide gibbérellique sur de jeunes betteraves soumises au préalable à un traitement par le froid de courte durée.

Les plantes, semées en serre (24 heures) le 18 novembre 1957, ont subi un traitement par le froid à + 3° pendant 41 jours (du 17 janvier au 27 février 1958).

Des témoins sont demeurés en serre. Une partie des plantes de chaque groupe ont été traitées ensuite par l'acide gibbérellique une fois par semaine pendant quatre semaines ([1]).

Date des observations : 1er septembre 1958.

	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué ([2])			Longueur de la tige (en cm)
		R	RP	F	
I. Plantes traitées par le froid					
Témoins	10	7	2	1	0 à 56
Plantes traitées par GA	10	0	1	9	25 à 63
II. Plantes conservées en serre					
Témoins	5	5	0	0	—
Plantes traitées par GA	5	0	5	0	8 à 14

([1]) Date des traitements (50 µg par traitement et par plante) : 6/3, 12/3, 22/3 et 27/3/1958.
([2]) Voir légende tableau I.

b) Deuxième expérience.

Dans une deuxième expérience, les plantes ont subi un traitement par le froid (+ 5°) de durée variable (16, 31 et 61 jours) avant d'être placées en serre à nouveau (en jour de 8 heures ou de 24 heures) et d'être traitées par l'acide gibbérellique (tableau XXVII).

TABLEAU XXVII

Influence de la durée du traitement par le froid et de la photopériode sur les effets de traitements par l'acide gibbérellique.

Les plantes, semées en champ le 15 mai 1958, ont été mises en serre le 27 octobre. Elles ont été transportées ensuite en chambre froide (+5°) à des dates variables ([1]). Puis elles ont été soumises à l'action d'un éclairement continu ou de photopériodes courtes, en serre, à partir du 5 janvier 1959. Dans chaque groupe, une partie des plantes ont été traitées par l'acide gibbérellique ([2]).

Date des observations : 5 mai 1959.

Durée du traitement par le froid (en jours)	Photopériode	Témoins				Plantes traitées par GA			
		Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué ([3])			Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué ([3])		
			R	T	F		R	T	F
61	24 heures	10	1	1	8	5	0	1	4
61	8 heures	10	9	1	0	5	0	5	0
31	24 heures	10	6	1	3	10	0	4	6
31	8 heures	10	10	0	0	10	0	10	0
16	24 heures	10	10	0	0	5	0	5	0
16	8 heures	10	10	0	0	5	0	5	0

([1]) 5/11, 5/12 et 20/12/1958.
([2]) 4 traitements par 100 µg d'acide gibbérellique ont été effectués les 12/1, 18/1, 11/2 et 19/2/1959.
([3]) Voir légende tableau I.

Un séjour de 16 jours au froid n'a produit aucun effet. Les plantes traitées par l'acide gibbérellique ont allongé leur tige sans fleurir, en jour long comme en jour court. Les témoins sont demeurés en rosette. Un traitement d'une durée de 31 jours a fait apparaître des différences entre le comportement des témoins et celui de plantes traitées en jour long par l'acide gibbérellique : 6 plantes traitées sur 10 ont fleuri, toutes s'allongeant ; 3 témoins seulement sur 10 ont fleuri, 6 demeurant en rosette. Tandis qu'en jour court les plantes traitées ont allongé leur tige sans fleurir, les témoins restant en rosette.

Après 61 jours de séjour au froid, on n'observe plus de différences, en jour continu, entre les plantes traitées et les témoins, puisque la plupart de ces derniers (8 sur 10) ont fleuri. En 8 heures, les 5 plantes traitées par l'acide gibbérellique se sont allongées sans fleurir, 9 témoins sur 10 demeurant en rosette.

c) Troisième expérience.

Les résultats d'une dernière expérience, effectuée cette fois avec de jeunes plantules, sont consignés dans le tableau XXVIII. Des plantules âgées de 41 jours avaient été mises en chambre froide (+ 10°) à une même date. Elles y sont restées pendant 26 ou 50 jours. Puis elles ont été placées en serre (24 heures) et une partie d'entre elles ont été traitées par l'acide gibbérellique (14 traitements de 1.500 µg d'acide gibbérellique effectués du 26 novembre 1959 au 29 février 1960).

A la date des observations (4 mars 1960), parmi les plantes conservées à + 10° durant 26 jours et non traitées, 4 plantes sur 12 s'étaient allongées, 2 d'entre elles ayant formé des boutons floraux. Sur 12 plantes traitées, 5 avaient fleuri, 4 avaient formé des boutons floraux, toutes ayant allongé leur tige.

Les plantes qui sont demeurées en serre sans jamais avoir été vernalisées ont présenté le comportement déjà observé dans d'autres expériences : les 12 plantes traitées ont formé une tige longue (de 14 à 54 cm, moyenne : 27,7) dépourvue d'ébauches florales, les 12 plantes témoins conservant le port en rosette (fig 12).

L'analyse statistique de la variation de la longueur de la tige (tableau XXVIII) montre que non seulement les effets du froid et du traitement gibbérellinique sont nets tous les deux mais aussi que l'interaction entre ces deux facteurs est nettement significative. Cette interaction affecte d'ailleurs non seulement l'élongation caulinaire mais également la mise à fleurs puisque les traitements par l'acide gibbérellique ont accru le nombre de plantes qui ont fleuri après avoir subi l'action du froid alors que, sans réfrigération préalable, ils n'ont pas suffi à provoquer la floraison.



A



B

FIG. 12. — Effets de traitements par l'acide gibbérellique, effectués en jour naturel sur des plantes ayant subi, ou non, un séjour à 10° pendant 26 jours.

A : Plantes conservées en serre et non vernalisées. — *De gauche à droite* : une plante témoin en rosette, deux plantes traitées par GA. — B : Plantes placées en chambre froide à 10° pendant 26 jours. — *De gauche à droite* : deux plantes témoins, dont la plus grande ; deux plantes traitées, dont la plus petite. — Les plantes ont été semées en serre le 10/9/1959. Le traitement par le froid a été réalisé du 21-10 au 16-11-1959. Les 14 traitements par 500 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 26-11-1959 au 29/2/1960.. — Photographie du 1er mars 1960.

Tableau XXVIII

Interaction des effets de la durée du traitement par le froid et d'un traitement par l'acide gibbérellique, effectué en jour long.

Les plantes, semées en serre le 10 septembre 1959, ont été conservées en serre en éclairement continu, ou ont subi un traitement par le froid à + 10° pendant 26 ou 50 jours (1) puis ont été placées en serre (jour de 24 heures) à nouveau. Dans chacun des groupes une partie des plantes ont été traitées par l'acide gibbérellique, les autres plantes étant conservées comme témoins.

Date des observations : 4 mars 1960.

	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué					Longueur de la tige (en cm)
		Rosette	Élongation	Boutons floraux	Floraison	Fructification	
I. 26 jours à + 10°							
Témoins	12	8	2	2	0	0	9,2
Plantes traitées par GA (2) ...	12	0	3	4	2	3	67,9
II. 50 jours à + 10°							
Témoins	10	3	3	4	0	0	21,6
Plantes traitées par GA (3) ...	7	0	2	2	3	0	52,0
III. 0 jour à + 10°							
Témoins	12	12	0	0	0	0	0
Plantes traitées par GA	12	0	12	0	0	0	27,7

Analyse statistique de la variation de la longueur de la tige (4).

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance	F Calculé	F de la table de Snedecor P = 0,05	F de la table de Snedecor P = 0,01
Traitement par le froid	7 325,5	1	7 325,5	26,9 S	4,30	7,94
Erreur 1	5 996,5	22	272,6			
Traitement par GA	22 403,5	1	22 403,5	72,3 S	—	—
Interaction GA × froid	2 868,1	1	2 868,1	9,2 S	—	—
Erreur 2	6 818,9	22	309,9			
Total......	45 412,5	47				

(1) Du 21/10 au 16/11 ou du 21/10 au 10/12 1959.

(2) 14 traitements par 500 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 26/11/1959 au 29/2/1960.

(3) 12 traitements par 500 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 14/12/1959 au 29/2/1960.

(4) L'analyse statistique de la variation de la longueur de la tige n'a porté que sur les plantes réfrigérées pendant 26 jours et conservées en serre.

2. — Influence de la température sur les effets de traitements par l'acide gibbérellique, effectués en jour continu.

Une série de 5 traitements par 100 µg d'acide gibbérellique a été effectuée sur deux groupes de plantes âgées respectivement de 69 et de 214 jours. Chaque groupe de plantes était subdivisé en 3 lots placés dans les conditions suivantes : serre chaude et éclairement continu, serre tempérée et éclairement continu, serre tempérée et jour naturel. Des témoins non traités étaient placés dans les mêmes conditions. Les températures moyennes, pour la durée de l'expérience, étaient 16°8 et 19°7 dans la serre tempérée et la serre chaude respectivement, la moyenne des minimums journaliers étant 13°7 et 16°7, la moyenne des maximums 19°9 et 22°8.

L'intensité de l'éclairement d'appoint, fourni par des lampes Mazda de 200 watts allumées continuellement, était voisine de 2.000 lux.

Les résultats de cette expérience sont consignés dans le tableau XXIX.

a) Plantes agées de 214 jours.

Dans la serre chaude, les plantes non traitées sont toutes demeurées en rosette. Dans la serre tempérée, sur 6 plantes éclairées de façon continue, une seule s'est allongée et a fleuri, les 5 autres sont restées en rosette. En jour naturel, dans les mêmes conditions de température, aucune plante ne s'est allongée.

Le traitement par l'acide gibbérellique a provoqué l'élongation de 5 plantes sur 6 dans la serre chaude, en jour de 24 heures, et de 9 plantes sur 12 dans la serre tempérée, en jour naturel. Parmi les 6 plantes traitées dans la serre tempérée, en jour continu, 4 sur 6 ont fleuri.

b) Plantes agées de 69 jours.

L'expérience réalisée avec de jeunes plantes a donné des résultats comparables à ceux de l'expérience rapportée ci-dessus, mais cependant plus nets.

Dans la serre chaude, les plantes ont présenté le comportement typique des betteraves non vernalisées : croissance végétative normale dans le cas des témoins, allongement sans floraison dans celui des plantes traitées. Dans la serre tempérée, en jour continu, 3 témoins sur 8 ont allongé leur tige, 2 d'entre eux fleurissant. Sur 8 plantes traitées, 7 ont fleuri. Dans la même serre, en jour naturel, l'une des 8 plantes traitées a produit des fleurs tandis que les 7 autres ont allongé leur tige mais sont demeurées végétatives. Les 8 plantes témoins sont restées en rosette.

Les résultats de cette expérience paraissent indiquer que les condi-

TABLEAU XXIX

Comparaison, dans deux conditions de température, des effets de l'acide gibbérellique en jour long.

Des plantes âgées de 214 jours (1) ou de 69 jours (2) ont été traitées par l'acide gibbérellique (3), en éclairement continu ou en jour naturel, en serre, dans deux conditions de température.

Date des observations : 27 avril 1959.

	Témoins				Plantes traitées			
	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (4)			Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (4)		
		R	T	F		R	T	F
I. Plantes âgées de 214 jours :								
En serre chaude, 24 heures	6	6	0	0	6	1	5	0
En serre tempérée, 24 heures	6	5	0	1	6	0	2	4
En serre tempérée, jour naturel	12	12	0	0	12	3	9	0
II. Plantes âgées de 69 jours :								
En serre chaude, 24 heures	8	8	0	0	8	0	8	0
En serre tempérée, 24 heures	8	5	1	2	8	0	1	7
En serre tempérée, jour naturel	8	8	0	0	8	0	7	1

(1) Semées en champ le 15/5/1958 et mises en serre le 27/10/1958.
(2) Semées en serre le 7/10/1958.
(3) 5 traitements par 100 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 15/12/1958 au 11/2/1959.
(4) Voir légende tableau I.

tions réalisées étaient voisines du « seuil d'induction photothermique ».

A la température de 17°-23°, les plantes non traitées sont demeurées en rosette, bien que soumises à l'action d'un éclairement continu. A la température de 14°-20° tous les témoins sont demeurés végétatifs en jour naturel, mais quelques plantes ont fleuri en jour continu. Lorsque les plantes ont été soumises à l'action d'un éclairement continu, les traitements par l'acide gibbérellique ont augmenté le nombre de plantes qui ont fleuri dans la serre tempérée, mais ils n'ont pas eu d'effet sur la floraison dans la serre chaude. Il semble également que l'action des traitements par l'acide gibbérellique sur la floraison ait été plus marquée dans le cas des plantes jeunes.

Nous avons donc montré que des traitements par l'acide gibbérellique effectués sur des betteraves soumises à l'action de photopériodes courtes, après vernalisation, provoquent l'élongation de la tige sans déclencher la mise à fleurs. En jour long, l'acide gibbérellique accroît l'élongation si le traitement est effectué alors que les plantes sont encore en rosette. Son effet paraît nul ou très faible lorsque les plantes commencent à fleurir au moment du traitement.

La longueur des tiges des plantes traitées par l'acide gibbérellique après vernalisation est supérieure à celle que l'on attendrait si l'effet de la vernalisation et celui du traitement par la gibbérelline A_3 étaient simplement additifs. On observe donc une interaction entre ces deux traitements. On observe également une interaction entre le traitement par l'acide gibbérellique et la photopériode, après vernalisation : l'élongation est plus grande en jour long qu'en jour court, alors que la photopériode ne paraît pas influer sur l'élongation de la tige de plantes non vernalisées mais traitées par l'acide gibbérellique.

Lorsque le traitement par la gibbérelline A_3 a été effectué sur des plantes qui avaient subi un séjour en chambre froide de courte durée, dans des conditions où une partie seulement des témoins non traités ont fleuri, il a augmenté le nombre de plantes qui ont fleuri.

De même, lorsque le traitement vernalisant (réalisé dehors en hiver ou en chambre froide) a été remplacé par l'action d'un éclairement continu en serre à température peu élevée, le traitement gibbérellinique a augmenté le nombre de plantes qui ont fleuri.

Dans ces différents cas, l'interaction entre les températures relativement basses et le traitement par la gibbérelline A_3 a donc affecté non seulement l'élongation caulinaire mais aussi la floraison.

III. — ÉTUDE DES EFFETS DES PHOTOPÉRIODES COURTES AGISSANT APRÈS VERNALISATION. RETOUR A L'ÉTAT VÉGÉTATIF ET DÉVERNALISATION.

L'une des particularités du développement de la Betterave bisannuelle est l'aptitude de cette plante à demeurer végétative sous l'influence des photopériodes courtes, après avoir été vernalisée, ou à faire retour à l'état végétatif après avoir formé des ébauches florales.

Nous consacrerons ce troisième paragraphe à l'étude des effets des photopériodes courtes après vernalisation.

Nous étudierons d'abord le comportement des plantes exposées après vernalisation à un nombre variable de photopériodes longues, puis soumises ensuite à des photopériodes de 8 heures, afin de préciser les conditions dans lesquelles la Betterave peut faire retour à l'état végétatif.

Nous observerons ensuite le comportement de plantes soumises après vernalisation à des nombres variables de photopériodes courtes avant de recevoir un éclairement continu. Nous préciserons ainsi les conditions dans lesquelles l'effet des jours courts est, ou non, réversible par l'action des jours longs et nous mettrons nettement en évidence la notion de dévernalisation.

Enfin, nous verrons quels sont les effets de l'acide gibbérellique, dans ces deux types de conditions expérimentales qui provoquent soit le retour à l'état végétatif, soit la dévernalisation.

A. — Effets de photopériodes courtes précédées de photopériodes longues.

Nous avons tout d'abord observé le comportement des betteraves lorsqu'elles étaient soumises à l'action d'un éclairement continu après vernalisation complète et qu'elles subissaient ensuite l'effet des photopériodes courtes dehors ou en serre.

Nous avons cherché ainsi à déterminer le nombre minimum de photopériodes longues nécessaires pour déclencher de manière irréversible la phase reproductrice.

Un ensemble de trois expériences a été réalisé avec des plantes semées en champ au printemps, conservées en châssis l'hiver et vernalisées ainsi dans des conditions naturelles. Le comportement de nos plantes était comparé à celui de témoins demeurant dans une même condition (dehors ou en serre, en 8 heures ou en 24 heures).

Dans la première expérience, effectuée en 1957 (tableau XXX), les plantes ont reçu un éclairement nocturne d'appoint à l'extérieur pen-

TABLEAU XXX

Effets de photopériodes longues suivies de photopériodes courtes après vernalisation. Première expérience (1956-1957).

Les plantes, semées en champ le 18 avril 1956, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1). Elles ont été soumises ensuite à l'action d'un éclairement continu, dehors, à partir du 15 mars 1957. Puis elles ont été mises en jour de 8 heures (dehors) après deux durées différentes de séjour en 24 heures.

Date des observations : 31 juillet 1957.

Date du transport en 8 heures	Date du traitement en éclairement continu (en jours)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint le stade indiqué (2)				
			à la date du transport en 8 heures		à la fin de l'expérience		
					RP		F
			T	F	Tige végétative	Tige ayant fleuri	
25/3/1957	10	7	7	0	6	1	0
24/4/1957	40	7	0	7	0	1	6

Témoins laissés dans une même condition jusqu'à la fin de l'expérience (après vernalisation).

	Nombres de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (2)			
		R	RP		F
			Tige végétative	Tige ayant fleuri	
8 heures (3)	12	7	3	2	0
24 heures (3)	12	0	0	0	12

(1) En châssis à partir du 23/10/1956.
(2) Voir légende tableau 1.
(3) A partir du 15/3/1957.

dant 10 ou 40 jours à partir du 15 mars, la photopériode étant alors 24 heures ; puis elles ont été placées sur un chariot qui demeurait dehors à la lumière naturelle pendant 8 heures par jour (de 9 heures à 17 heures). En fin juillet, parmi les plantes qui avaient reçu un éclairement continu pendant 40 jours, 6 sur 7 avaient abondamment fructifié et leur hampe florale commençait à se dessécher. Par contre, un éclairement continu assuré pendant 10 jours n'a pas modifié de façon apparente le développement de nos plantes. Toutes formèrent des rosettes perchées ; 1 plante sur 7 donna quelques fleurs.

Le 30 septembre, 2 plantes sur 7 avaient formé à nouveau une rosette foliaire en position terminale, les autres plantes s'étant desséchées après fructification.

Une expérience analogue a été réalisée l'année suivante (tableau XXXI). Les plantes ont reçu un éclairement continu à l'extérieur à partir du 1er avril pendant 11, 18, 31 ou 71 jours. Puis elles ont été soumises à l'action de photopériodes de 8 heures à l'extérieur ou en serre. Une illumination continue pendant 11 ou 18 jours n'a pas suffi à provoquer une évolution irréversible de l'apex dans le sens de la reproduction. Après 31 jours de séjour en 24 heures, 4 plantes ont formé en jour de 8 heures une tige florifère se desséchant après fructification. Les plantes ont présenté le même comportement en serre ou à l'extérieur.

Tableau XXXI

Effets de photopériodes longues suivies de photopériodes courtes après vernalisation. Seconde expérience (1957-1958).

Les plantes, semées en champ le 3 avril 1957, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1). Elles ont été soumises ensuite à l'action d'un éclairement continu, dehors, à partir du 1er avril 1958. Puis elles ont été mises en jour de 8 heures (en serre ou dehors) après des durées variables de séjour en 24 heures.

Date des observations : 28 juillet 1958.

	Date du transport en 8 heures	Durée du traitement en éclairement continu (en jours)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint le stade indiqué (2)				
				à la date du transport (en 8 heures)		à la fin de l'expérience		
						RP		F
				T	F	Tige végétative	Tige ayant fleuri	
I. En serre .	12/4/1958	11	5	5	0	4	1	0
	19/4/1958	18	5	5	0	2	3	0
	2/5/1958	31	5	0	5	0	1	4
II. Dehors ..	12/4/1958	11	5	2	3	2	3	0
	2/5/1958	31	5	0	5	0	1	4
	11/6/1958	71	5	0	5	0	0	5

Témoins laissés dans une même condition jusqu'à la fin de l'expérience (après vernalisation).

	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (2)			
		R	RP		F
			Tige végétative	Tige ayant fleuri	
8 heures serre (3)	11	6	5	0	0
8 heures dehors (3).....	11	3	5	3	0
24 heures dehors (3).....	12	0	0	0	12

(1) En châssis à partir du 10/10/1957.
(2) voir légende tableau I.
(3) A partir du 1/4/1958.

Les différences entre les plantes de la fig. 13 mettent bien en évidence l'influence du nombre de photopériodes longues sur le développement de plantes soumises ensuite à des photopériodes courtes. Après 11 jours en éclairement continu, la plante A a produit une tige longue sans ébauche florale visible. La plante B (en 24 heures pendant 18 jours) a produit quelques fleurs. La plante C (en 24 heures pendant 31 jours) a fleuri normalement en jour de 8 heures.

Dans ces deux premières expériences les plantes avaient reçu l'éclairement continu à l'extérieur dans les conditions de la température ambiante. Dans une troisième expérience (tableau XXXII), un éclairement continu assuré pendant 7 jours, en serre, a suffi pour déclencher l'élongation et la floraison des plantes soumises ensuite à l'action de photopériodes courtes. Mais la floraison a cessé après quelques semaines et toutes les plantes ont formé à nouveau une rosette foliaire en position terminale.

Tableau XXXII

Effets de photopériodes longues suivies de photopériodes courtes après vernalisation. Troisième expérience (1958-1959).

Les plantes, semées en champ le 15 mai 1958, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1). Elles ont été soumises ensuite à l'action d'un éclairement continu, en serre, à partir du 6 mars 1959. Puis elles ont été mises en jour de 8 heures (en serre) après deux durées différentes de séjour en 24 heures.

Date des observations : 20 juillet 1959.

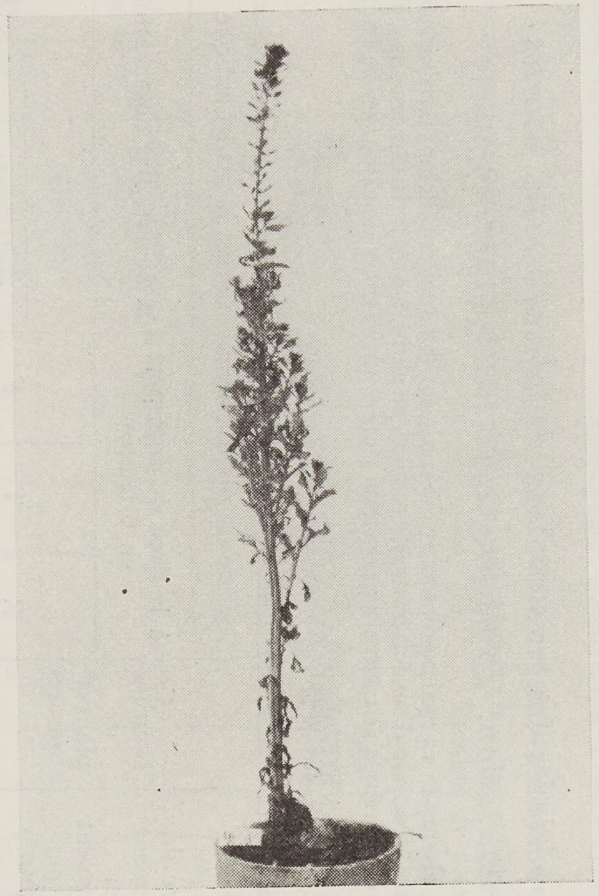
Date du transport en 8 heures	Durée du traitement en éclairement continu (en jours)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint le stade indiqué (2)					
			à la date du transport en 8 heures			à la date des observations		
			R	T	F	RP Tige végétative	RP Tige ayant fleuri	F
13/3/1959	7	11	4	7	0	5	6	0
6/4/1959	31	12	0	1	11	0	2	10

Témoins laissés dans une même condition jusqu'à la fin de l'expérience (après vernalisation).

	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (2)	
		R	F
24 heures (3)............	4	0	4
8 heures (3)............	5	5	0

(1) En châssis à partir du 28/10/1958.
(2) Voir légende tableau I.
(3) A partir du 6/3/1959.


A


B


C

FIG. 13. — Plantes vernalisées faisant ou non retour à l'état végétatif sous l'action des photopériodes courtes, après avoir allongé leur tige en jour long.

Les plantes ont été semées en champ le 3 avril 1957, vernalisées dans les conditions naturelles, puis soumises à l'action d'un éclairement continu, dehors, à partir du 1er avril 1958, avant d'être placées en serre, en jour de 8 heures.

A : 11 jours en 24 heures. — B : 18 jours en 24 heures. — C : 31 jours en 24 heures. — Photographie du 12 juin 1958.

Après avoir reçu un éclairement continu pendant 31 jours, 2 plantes sur 12 ont formé une rosette perchée en jour court, les 10 autres fleurissant et produisant un glomérule en position terminale.

La plante de la fig.14 fournit un bel exemple de formation d'une rosette perchée à l'extrémité d'une tige florifère ayant fructifié.

En raison de l'insuffisance des moyens matériels dont nous disposions pour contrôler les conditions du milieu et à cause également de l'hétérogénéité génétique de notre matériel, nous n'avons pas cherché à définir avec plus de précision le nombre minimum de photopériodes longues

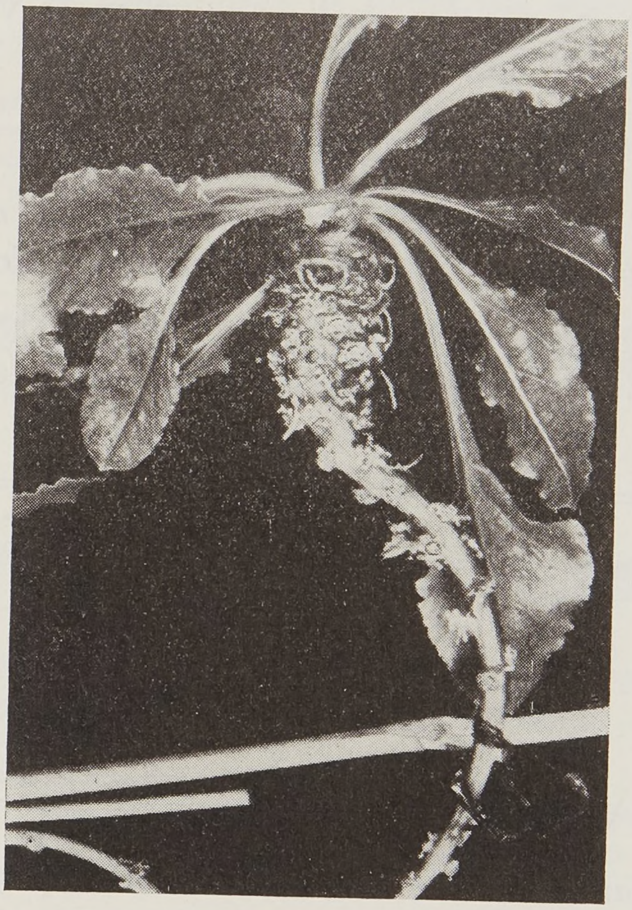


FIG. 14. — Rosette perchée à l'extrémité d'une tige florifère ayant fructifié. Plante semée le 15 mai 1958, vernalisée dans les conditions naturelles, exposée, pendant 31 jours à partir du 6 mars 1959, à un éclairement continu en serre, puis soumise à l'action de photopériodes de 8 heures. — Photographie du 1er décembre 1959.

nécessaires pour provoquer de manière irréversible la floraison et la fructification en jour court.

Nous pouvons conclure, à la suite des expériences précédentes, que lorsque la Betterave bisannuelle reçoit, après vernalisation, un éclairement continu pendant 30 jours ou plus, la plupart des plantes fleurissent et fructifient d'une manière irréversible, même si elles sont soumises ensuite à l'action de la journée courte.

Un petit nombre de photopériodes longues (20 ou moins) suivies de jours courts peut provoquer la floraison d'une partie des plantes mais n'empêche généralement pas la formation d'une rosette perchée. Cepen-

dant, le comportement des plantes de notre population génétiquement hétérogène semble très variable, à cet égard.

B. — Étude de la réversibilité de l'effet des photopériodes courtes par les photopériodes longues.

Afin de rechercher si les jours courts pouvaient provoquer, chez la Betterave bisannuelle, une véritable dévernalisation et non pas seulement un retour temporaire à l'état végétatif, nous avons, dans une autre série d'expériences, soumis à l'action d'un éclairement continu des plantes qui avaient été placées en jour court après vernalisation. Nos résultats sont consignés dans les tableaux XXXIII et XXXIV.

TABLEAU XXXIII

Étude de la réversibilité de l'effet des jours courts sous l'influence de photopériodes longues. Première expérience (1956-1957).

Les plantes, semées en champ le 18 avril 1956, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1). Elles ont été soumises ensuite à l'action de photopériodes de 8 heures (dehors) à partir du 15 mars 1957. Puis elles ont été placées en éclairement continu, dehors, à des dates échelonnées.

Date des observations : 31 juillet 1957.

Date du transport en 24 heures	Nombre de photopériodes de 8 heures reçues	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (2)		
			R	RP	F
13/4/1957	29	5	1	0	4
14/5/1957	60	5	0	3	2
19/6/1957	96	5	0	5	0

Témoins laissés dans une même condition jusqu'à la fin de l'expérience (après vernalisation).

	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (2)			
		R	RP		F
			Tige végétative	Tige ayant fleuri	
24 heures dehors	12	0	0	0	12
8 heures dehors	12	7	3	2	0

(1) En châssis à partir du 23/10/1956.
(2) Voir légende tableau I.

Dans la première expérience, effectuée à l'extérieur, 29 photopériodes courtes semblent avoir été pratiquement sans effet. Après avoir reçu

60 photopériodes courtes, 2 plantes sur 5 ont abondamment fleuri en jour continu, tandis que les plantes soumises à l'action d'un éclairement continu après avoir reçu 96 photopériodes courtes sont demeurées en rosette perchée.

Dans la deuxième expérience, après avoir subi l'action de 99 photopériodes courtes, les 10 plantes observées sont toutes demeurées en rosette ; après 55 jours courts 2 plantes sur 10 ont fleuri.

Tableau XXXIV

Étude de la réversibilité de l'effet des jours courts sous l'influence de photopériodes longues. Deuxième expérience (1958-1959).

Les plantes, semées en champ le 15 mai 1958, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1). Elles ont été soumises ensuite à l'action de photopériodes de 8 heures (en serre) à partir du 10 février 1959. Puis elles ont été placées dehors, en éclairement continu, à des dates échelonnées.

Date des observations : 20 juillet 1959.

Date du transport en 24 heures	Nombre de photopériodes de 8 heures reçues	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (2)	
			R	F
6/4/1959	55	10	8	2
20/5/1959	99	10	10	0

Témoins laissés dans une même condition jusqu'à la fin de l'expérience (après vernalisation).

	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (2)	
		R	F
8 heures	7	7	0
24 heures	5	0	5

(1) En châssis à partir du 28/10/1958.
(2) Voir légende tableau I.

Trois plantes qui faisaient partie de l'expérience dont les résultats sont consignés dans le tableau XXX ont été soumises successivement, après vernalisation, à l'action d'un éclairement continu pendant 10 jours, puis de 128 photopériodes courtes, puis à nouveau d'un éclairement continu en serre, à partir du 31 juillet 1957. Le 12 mars 1958, les plantes étaient demeurées végétatives (fig. 15).

Puisque les betteraves soumises à un nombre suffisant de photopériodes courtes après vernalisation complète demeurent à l'état végé-

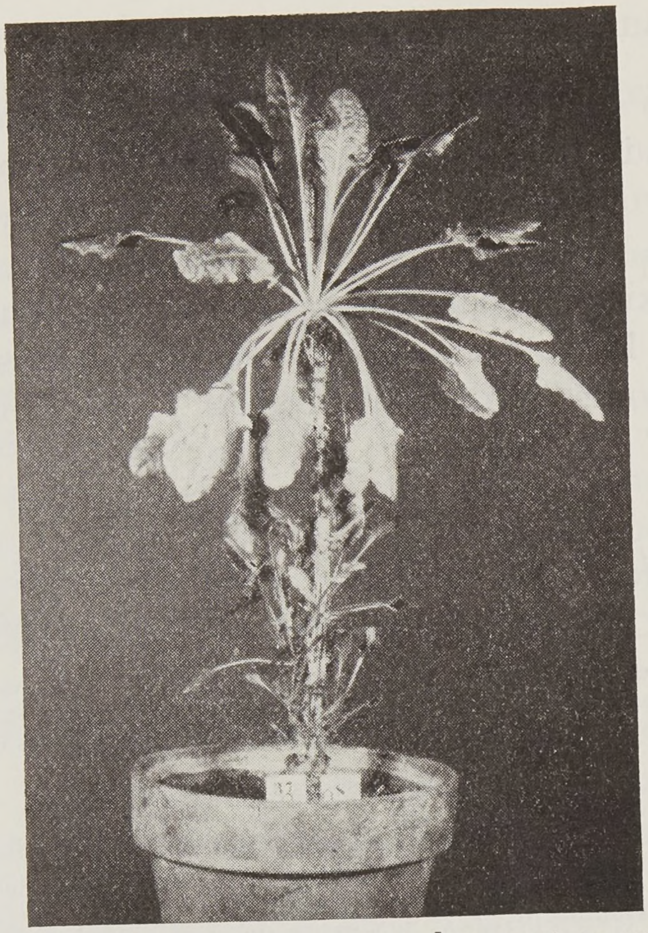


Fig. 15. — Plante dévernalisée en jour court et demeurant en rosette en jour long.
La plante a été semée en champ le 18 avril 1956. Elle a été vernalisée par le froid de l'hiver, puis soumise successivement à l'action d'un éclairement continu pendant 10 jours (à partir du 15 mars 1957), puis de 128 photopériodes courtes, puis à nouveau d'un éclairement continu en serre à partir du 31 juillet 1957. — Photographie du 12 mars 1958.

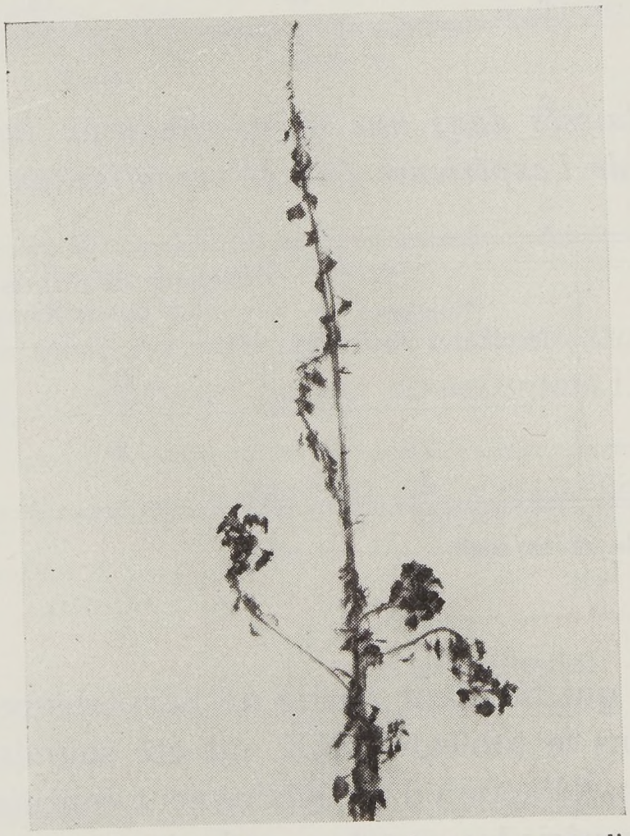


Fig. 16. — Effets de l'acide gibbérellique sur une betterave vernalisée ayant produit quelques fleurs en jour long puis formé une rosette perchée en jour court.
La plante représentée ci-dessus fait partie d'un groupe de 8 plantes qui ont été semées le 15 mai 1958, vernalisées par le froid de l'hiver puis placées en serre le 6 mars 1959, soumises alors à un éclairement continu pendant 7 jours et à des photopériodes de 8 heures ensuite. — Les plantes ont été traitées (quatre fois) par l'acide gibbérellique à partir du 3 mai. — Remarquer les boutons floraux dans la partie terminale de la tige qui s'est allongée sous l'effet du traitement. — Photographie du 15 juin 1959.

tatif en jour long, on peut dire que les jours courts provoquent non seulement le retour à l'état végétatif mais la dévernalisation.

Le nombre minimum de photopériodes provoquant cette dévernalisation paraît voisin de 60, dans les conditions de nos expériences.

C. — Action de l'acide gibbérellique sur des plantes ayant reçu successivement, après vernalisation, deux traitements photopériodiques différents.

Nous avons vu que l'acide gibbérellique provoquait chez la Betterave bisannuelle, une élongation non accompagnée de floraison lorsque le traitement était effectué en jour long (et à plus forte raison en jour court) à une température relativement élevée (moyenne voisine de 20°). Cependant le traitement par l'acide gibbérellique a pu provoquer une avance de la date de la floraison ou augmenter la proportion des plantes qui ont fleuri, lorsque les betteraves avaient subi un traitement par le froid de courte durée.

Nous nous sommes demandé quel serait l'effet produit par l'acide gibbérellique si les traitements étaient effectués sur des plantes dont la floraison aurait été interrompue par l'action de photopériodes courtes.

L'expérience suivante a donc été réalisée (tableau XXXV) : des plantes semées en champ au printemps, puis vernalisées par le froid de l'hiver en châssis, ont été placées dans la serre en éclairement continu pendant 7 jours, à partir du 6 mars 1959. Elles ont été soumises ensuite à l'action des jours courts, en serre. Après avoir reçu 51 photopériodes de 8 heures, toutes les plantes s'étaient fortement allongées, la longueur de la tige variant de 37 à 87 cm. Sur un total de 29 plantes observées, 15 n'avaient formé aucune ébauche florale visible à l'œil ou à la loupe, 14 avaient produit des fleurs ou des boutons floraux. Mais toutes les plantes présentaient l'aspect caractéristique de betteraves en train de former une rosette perchée. Quatre traitements de 100 μg d'acide gibbérellique (par plante et par traitement) ont été alors effectués.

Nous avons observé, le 12 juin 1959, que les plantes traitées par l'acide gibbérellique s'étaient allongées à nouveau (de 12 à 35 cm). Tandis que les plantes qui n'avaient pas fleuri avant le traitement n'ont pas fleuri après, non plus, les 8 plantes qui avaient fleuri ou formé des boutons floraux mais qui, à l'époque du traitement, ne produisaient plus d'ébauches florales visibles, ont à nouveau formé des boutons floraux, après le traitement (fig.16). Les 6 plantes témoins qui avaient également produit des fleurs ou des boutons floraux avant la date du traitement et qui n'ont pas été traitées ont toutes formé une rosette perchée. Aucune n'a formé d'ébauches florales nouvelles.

La floraison de nos 8 plantes a donc été certainement provoquée

par l'acide gibbérellique et ne peut être attribuée à l'hétérogénéité génétique de notre matériel.

Dans une deuxième expérience, nous avons placé, dans la serre, en jour court pendant 99 jours, des plantes qui avaient été cultivées et vernalisées dans les mêmes conditions que précédemment.

Après avoir reçu 99 photopériodes courtes les plantes étaient certainement dévernalisées. Elles ont été alors soumises à un éclairement continu.

Tableau XXXV

Effets de l'acide gibbérellique sur des plantes vernalisées ayant formé en jour court une rosette perchée.

Les plantes, semées en champ le 15 mai 1958, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1). Elles ont été soumises ensuite à l'action d'un éclairement continu pendant 7 jours (2) (en serre). Puis elles ont été mises en jour court (8 heures). Après 51 jours, toutes les plantes avaient formé une rosette perchée terminale, après avoir fleuri ou non. Une partie d'entre elles ont été traitées par l'acide gibbérellique (3), les autres plantes étant conservées comme témoins.

Date des observations : 12 juin 1959.

	Plantes témoins	Plantes traitées par GA (4)		
	Nombre de plantes observées (100 % en rosette perchée)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (5)	
			T	F
I. Plantes n'ayant pas formé d'ébauches florales visibles à la date du 1er traitement par GA	5	10	10	0
II. Plantes ayant fleuri à la date du 1er traitement par GA	6	8	0	8

Témoins laissés dans une même condition jusqu'à la fin de l'expérience (après vernalisation).

	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (5)	
		R	F
24 heures (6)	4	0	4
8 heures (6)	5	5	0

(1) En châssis à partir du 28/10/1958.
(2) Du 6/3 au 13/3 1959.
(3) 4 traitements par 100 µg d'acide gibbérellique ont été effectués les 3, 23, 27 et 30/5/1959.
(4) Toutes les plantes ont allongé leur tige à la suite des traitements.
(5) Voir légende tableau I.
(6) A partir du 6/3/1959.

Les 7 plantes témoins observées le 20 juillet sont demeurées toutes en rosette végétative montrant ainsi l'efficacité du traitement dévernalisant. 8 autres plantes ont été traitées 5 fois à partir du 23 mai par 100 μg d'acide gibbérellique ; toutes ces plantes se sont allongées, formant une tige de 18 à 39 cm. Aucune ébauche florale n'a été observée sur les tiges (tableau XXXVI).

Tableau XXXVI

Effets d'un traitement par l'acide gibbérellique effectué en jour long sur des plantes dévernalisées par l'action de photopériodes courtes.

Les plantes, semées en champ le 15 mai 1958, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1). Elles ont été soumises ensuite à l'action de 99 photopériodes de 8 heures, en serre (2). Puis elles ont été placées dehors en éclairement continu et ont été traitées par l'acide gibbérellique (3). Dans cette expérience, aucune plante n'a formé d'ébauches florales.

Date des observations : 20 juillet 1959.

Plantes témoins	Plantes traitées par GA	
Nombre de plantes observées (100 % en rosette)	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant allongé leur tige
7	8	8 (18 à 39 cm)

Témoins laissés dans une même condition jusqu'à la fin de l'expérience (après vernalisation).

	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (4)	
		R	F
24 heures (5)	7	0	7
8 heures (6)	7	7	0

(1) En châssis à partir du 28/10/1958.
(2) Du 10/2 au 20/5/1959.
(3) 5 traitements par 100 μg d'acide gibbérellique ont été effectués du 23/5 au 6/6/1959.
(4) Voir légende tableau I.
(5) En serre du 10/2 au 20/5/1959, puis dehors.
(6) A partir du 10/2/1959.

Après dévernalisation par 99 photopériodes courtes, le traitement par l'acide gibbérellique n'a donc pas provoqué la floraison. Ce fait constitue un argument supplémentaire permettant de dire que les jours courts provoquent bien chez la Betterave une véritable dévernalisation.

Dans nos conditions expérimentales, lorsqu'après vernalisation les betteraves étaient soumises d'abord à l'action d'un éclairement continu

puis à l'action de jours courts, leur comportement a varié selon la durée du séjour en jour continu. Elles ont fait retour à l'état végétatif, formant une rosette perchée à entre-nœuds courts en position terminale, ou ont fleuri et fructifié d'une manière irréversible en jour court.

Des traitements par l'acide gibbérellique, effectués sur des plantes qui avaient fait retour à l'état végétatif sous l'action des photopériodes courtes après avoir fleuri en jour long, ont provoqué à la fois une nouvelle élongation et une nouvelle floraison. Dans ce cas particulier c'est l'action des photopériodes longues que l'acide gibbérellique a remplacée en jour court.

Lorsqu'après vernalisation les plantes étaient soumises d'abord à l'action de photopériodes de 8 heures puis à un éclairement continu, elles demeuraient végétatives en 24 heures après un séjour en jour de 8 heures suffisamment long.

On peut alors parler de dévernalisation puisque l'action vernalisante du froid paraît être annulée.

Le nombre minimum de photopériodes courtes nécessaires pour provoquer la dévernalisation semble voisin de 60 dans les conditions de nos expériences.

Après dévernalisation par les photopériodes courtes l'acide gibbérellique a provoqué l'allongement de la tige mais non la floraison.

IV. — COMPARAISON DES EFFETS DE L'OBSCURITÉ, DES PHOTOPÉRIODES COURTES ET DES PHOTOPÉRIODES LONGUES APRÈS VERNALISATION.

Fife et Price (23) ont montré, en provoquant l'élongation et la floraison de plusieurs variétés de betterave sucrière à l'obscurité complète, à la suite d'un long séjour à une température voisine de + 4°, que la Betterave bisannuelle n'avait pas besoin de lumière pendant et après le traitement vernalisant, pour fleurir. Cependant, une partie des plantes ainsi vernalisées ont formé une tige longue mais n'ont pas fleuri à une température voisine de + 21°.

Il nous a paru intéressant de comparer les effets de l'obscurité, des photopériodes courtes et d'un éclairement continu sur des betteraves vernalisées dans les conditions naturelles par le froid de l'hiver et d'observer les effets d'un traitement par l'acide gibbérellique effectué dans ces trois conditions.

L'obscurité a été réalisée à l'aide de l'une des cages de toile noire qui avaient servi à maintenir les plantes en jour court. Au cours d'un essai préliminaire, nous avons d'abord essayé de placer les plantes à l'obscurité complète en les recouvrant, en plus, d'un manchon de toile

noire. Mais nous avons constaté, comme STOUT (83) l'avait déjà observé, que l'extrémité des tiges noircissait au bout de quelque temps. Nous avons donc laissé les plantes à une lumière atténuée pendant la durée des traitements et des arrosages. Les plantes, semées en champ au printemps, mises en châssis en novembre, ont été placées dans la serre et soumises aux différentes conditions le 7 janvier dans une première expérience et le 4 février dans une seconde. Les résultats sont consignés dans les tableaux XXXVII et XXXVIII.

TABLEAU XXXVII

Comparaison des effets de l'obscurité, des jours courts ou des jours longs, après vernalisation. Première expérience.

Les plantes, semées en champ le 5 mai 1959, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1). Puis elles ont été placées en serre et soumises à différentes conditions le 7 janvier 1960. Une partie d'entre elles ont été traitées par l'acide gibbérellique (2).

Date des observations : 17 mars 1960.

Photopériode	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (3)			Longueur de la tige	
		R	T	F	Moyenne	Variation
0 heure (obscurité)						
Témoins	9	0	9	0	7,1	de 4 à 16
Plantes traitées par GA.	7	0	7	0	55,1	de 31 à 73
7 heures	5	5	0	0	—	—
24 heures	7	0	0	7	53,7	de 38 à 68

(1) En châssis à partir du 10/11/1959.
(2) 18 traitements par 1500 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 11/1 au 11/3/1960.
(3) Voir légende tableau I.

Dans la première expérience, les plantes sont toutes demeurées en rosette en jour de 7 heures ; elles ont toutes fleuri en 24 heures. A l'obscurité, 9 plantes sur 9 se sont allongées (de 4 à 16 cm) ; dans ces conditions l'acide gibbérellique a accru l'élongation de la tige mais n'a pas provoqué la formation d'ébauches florales.

Dans la deuxième expérience, 2 plantes sur 8 ont allongé très faiblement leur tige en jour court (2 et 4 cm). Toutes les plantes ont fleuri abondamment en jour long. A l'obscurité, 2 plantes sur 8 sont demeurées en rosette, les 6 autres formant une tige de 2 à 14 cm.

L'analyse statistique de la variation de la longueur de la tige met en évidence l'importance de l'action de la photopériode sur l'élongation caulinaire qui est forte en jour long, faible à l'obscurité, pratiquement nulle en jour court.

A l'obscurité, l'acide gibbérellique a donc accru nettement l'élongation de la tige, mais il n'a pas provoqué la floraison. L'interaction des effets de la photopériode et du traitement gibbérellinique est significative.

Tableau XXXVIII

Comparaison des effets de l'obscurité, des jours courts ou des jours longs, après vernalisation. Deuxième expérience.

Les plantes, semées en champ le 5 mai 1959, ont été vernalisées dans les conditions naturelles (1). Puis elles ont été placées en serre et soumises à différentes conditions le 4 février 1960. Une partie d'entre elles ont été traitées par l'acide gibbérellique (2).

Date des observations : 17 mars 1960.

Photopériode	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (3)			Longueur de la tige (en cm)	
		R	T	F	Moyenne	Variation
0 heure (obscurité)						
Témoins	8	2	6	0	3,4	de 0 à 14
Plantes traitées par GA	8	0	8	0	16,2	de 12 à 24
7 heures						
Témoins	8	6	2	0	0,75	de 0 à 4
Plantes traitées par GA	8	0	8	0	15,0	de 7 à 22
24 heures						
Témoins	8	0	0	8	71,9	de 54 à 91
Plantes traitées par GA	8	0	0	8	99,0	de 84 à 116

Analyse statistique de la variation de la longueur de la tige.

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variance	F Calculé	F de la table de Snedecor P = 0,05	F de la table de Snedecor P = 0,01
Photopériode	62.607,1	2	31.303,5	487,6 S	3,22	5,15
Traitement par GA	3.924,1	1	3.924,1	61,1 S	4,07	7,27
Interaction Photopériode × GA	494,1	2	247,0	3,8 S	3,22	5,15
Erreur	2.698,0	42	64,2			
Total	69.723,3	47				

(1) En châssis à partir du 10/11/1959.
(2) 11 traitements par 1 500 μg d'acide gibbérellique ont été effectués du 4/2 au 11/3/1960.
(3) Voir légende tableau I.

Après une vernalisation normale effectuée dans les conditions naturelles, nos plantes se sont donc allongées sans fleurir à l'obscurité alors que dans les mêmes conditions de température la plupart des témoins demeuraient en rosette en jour de 7 heures ou fleurissaient normalement en jour continu. Dans ces conditions, l'acide gibbérellique a provoqué une élongation comparable en jour court et à l'obscurité mais n'a pas influé sur la floraison.

Nous nous sommes demandé si l'obscurité pouvait provoquer la dévernalisation.



A



B

FIG. 17. — Betterave ayant formé des boutons floraux, en éclairement continu, après avoir été vernalisée puis placée à l'obscurité.

La plante, semée en champ le 5 mai 1959, laissée dehors en hiver, a été placée en serre, à l'obscurité, le 7 janvier 1960. Puis elle a été soumise à l'action d'un éclairement continu à partir du 21 mars. A : Vue d'ensemble. — B : Gros plan. Photographie du 14 avril 1960. — Remarquer les boutons floraux à l'extrémité de la tige.

Le 21 mars 1960, 5 plantes de la première expérience ont été soumises à l'action d'un éclairement continu après avoir été placées à l'obscurité pendant 84 jours. Le 14 avril (après 24 jours), nous avons observé des boutons floraux bien visibles sur 4 plantes. La figure 17 représente l'une de ces plantes. 5 témoins, demeurés en jour court pendant 84 jours avant d'être placés en éclairement continu, sont restés en rosette.

Nous ne savons pas si un plus long séjour à l'obscurité ne pourrait provoquer la dévernalisation, mais nous avons observé, une fois de plus, une différence entre l'effet de l'obscurité et celui des jours courts sur le développement de betteraves vernalisées.

Ainsi, dans les conditions de nos expériences, l'obscurité agissant après vernalisation sur des betteraves bisannuelles a provoqué sur l'élongation caulinaire un effet intermédiaire entre l'effet des photopériodes courtes et celui des photopériodes longues.

Les plantes sont demeurées en rosette en jour de 7 heures ; elles ont allongé leur tige et ont fleuri en jour de 24 heures. A l'obscurité, on a observé une faible élongation caulinaire, les plantes demeurant végétatives. Dans les mêmes conditions, des témoins non vernalisés ont présenté un phénomène d'étiolement affectant les pétioles ; mais les entre-nœuds de la tige ne se sont pas allongés, les plantes demeurant en rosette.

Le traitement par l'acide gibbérellique effectué à l'obscurité sur des betteraves vernalisées a accru l'allongement de la tige mais n'a pas provoqué la floraison.

V. — EFFETS DE L'ACIDE GIBBÉRELLIQUE SUR DES POPULATIONS ANNUELLES DE *B. VULGARIS SSP. MARITIMA.*

Nous avons vu que les traitements par l'acide gibbérellique pouvaient hâter la floraison des betteraves bisannuelles, lorsqu'ils étaient effectués en eupériode, après vernalisation, et qu'ils pouvaient favoriser la floraison après un traitement par le froid de courte durée. Nous avons voulu observer l'effet de l'acide gibbérellique sur deux populations de *Beta maritima* L. ayant un besoin de vernalisation nul ou très faible.

Le tableau XXXIX montre que les populations de *B. maritima* présentent un caractère annuel d'autant plus accentué qu'elles sont plus méridionales.

La population de Vendée est intermédiaire entre les variétés bisannuelles cultivées et les populations annuelles sans besoin de vernali-

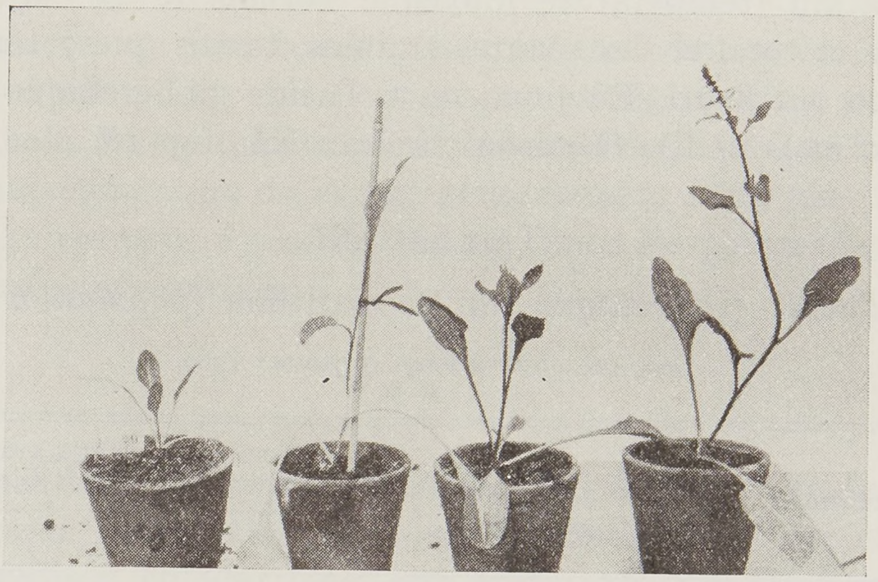


FIG. 18. — *Beta vulgaris* L. *ssp. maritima* (population de Vendée) traités par l'acide gibbérellique en jour court ou en jour long.

De gauche à droite : témoin et plante traitée en jour de 7 heures, témoin et plante traitée en éclairement continu.

TABLEAU XXXIX

Comparaison du développement de plusieurs populations de Beta maritima *à Versailles.*

Date des observations : 7 septembre.

Localité d'origine	Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (1)			
		R	T (moins de 10 cm)	T (plus de 10 cm)	F
Etaples (Pas-de-Calais)	15	6	9	0	0
Fécamp (Seine-Maritime)	14	11	3	0	0
Courseulles (Calvados)	25	6	17	2	0
Aberwrach (Finistère)	15	8	7	0	0
Marais de Bouin (Vendée)	15	0	3	6	6
Bassin d'Arcachon (Gironde)	15	0	0	4	11
Portugal (par le Jardin botanique de Coïmbra)	15	0	0	0	15
Variété cultivée Klein-Wanzleben E, témoin	15	15	0	0	0

(1) Voir légende tableau I.
Date du semis : 22 mai.

sation. Des essais préliminaires nous ont montré qu'elle pouvait fleurir (une partie des plantes au moins) dans une serre chaude, en jour continu ; mais un traitement par le froid permet la floraison générale et accroît la précocité.

Une série de traitements par l'acide gibbérellique effectués en éclai-

rement continu (température moyenne voisine de 20°) a provoqué la floraison de la totalité des plantes traitées, tandis que 7 témoins seulement sur 20 ont fleuri. En jour court, l'acide gibbérellique a provoqué l'élongation mais non la floraison (tableau XL, fig. 18).

TABLEAU XL

Effets de l'acide gibbérellique sur B. maritima (*population de Vendée*).

Date des observations : 5 janvier 1960.

Photopériode		Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (1)		
			R	T	F
24 heures	Témoins	20	0	13 (2 à 8 cm)	7 (15 à 20 cm)
	Plantes traitées par GA (2) ...	20	0	0	20 (37 à 78 cm)
7 heures	Témoins	7	7	0	0
	Plantes traitées par GA (2) ...	7	0	7 (14 à 39 cm)	0

(1) Voir légende tableau I.
(2) 5 traitements par 500 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 19/10 au 28/12/1959. Date du semis (en serre) : 2 juillet 1959.

TABLEAU XLI

Effets de l'acide gibbérellique sur B. maritima (*population du Portugal*).

Date des observations : 6 mai 1960.

Photopériode		Nombre de plantes observées	Nombre de plantes ayant atteint à la date des observations le stade indiqué (1)		
			R	T	F
18 heures	Témoins.........	12	0	0	12
	Plantes traitées par GA (2)......	12	0	0	12
7 heures	Témoins.........	12	11	1	0
	Plantes traitées par GA (2)......	12	0	12 (26 à 70 cm)	0

(1) Voir légende tableau I.
(2) 10 traitements par 500 µg d'acide gibbérellique ont été effectués du 15/2 au 19/4/1960. Date du semis (en serre) : 15 janvier 1960.

La population qui nous a été adressée par le Jardin botanique de Coïmbra (Portugal) peut être considérée comme une population annuelle typique sans besoin de vernalisation.

En serre chaude (tableau XLI), les plantes qui étaient soumises à l'action des jours longs (18 heures) ont toutes fleuri. L'acide gibbérel-

lique a provoqué une avance de la date de la floraison de 7 à 10 jours. Les plantes placées en jour court (7 heures) sont demeurées en rosette à l'exception d'une plante qui s'est un peu allongée puis a produit une rosette terminale. Le traitement par l'acide gibbérellique (10 fois 500 μg) a provoqué une élongation de la tige généralement forte (de 26 à 70 cm, supérieure à 40 cm pour 8 plantes sur 12), mais les plantes traitées sont toutes demeurées végétatives.

Ainsi, chez les trois types de *B. vulgaris* étudiés, l'acide gibbérellique a provoqué l'élongation mais non la floraison en jour court, et a favorisé la floraison en jour long, soit après une vernalisation partielle ou complète chez la variété typiquement bisannuelle, soit en serre chaude chez les populations annuelles à besoin de vernalisation faible ou nul.

CHAPITRE III

ESSAI DE TRANSMISSION DU DÉCLENCHEMENT DE L'ÉLONGATION CAULINAIRE ET DE LA MISE A FLEURS PAR GREFFAGE ENTRE DIFFÉRENTES ESPÈCES DE *BETA*

I. — OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES SUR LE DÉVELOPPEMENT DE *B. TRIGYNA* ET DES ESPÈCES DE LA SECTION *PATELLARES*.

A. — *Beta trigyna*.

La population de *B. trigyna* que nous avons étudiée est nettement vivace. Un certain nombre de plantes observées étaient âgées de plus de dix ans.

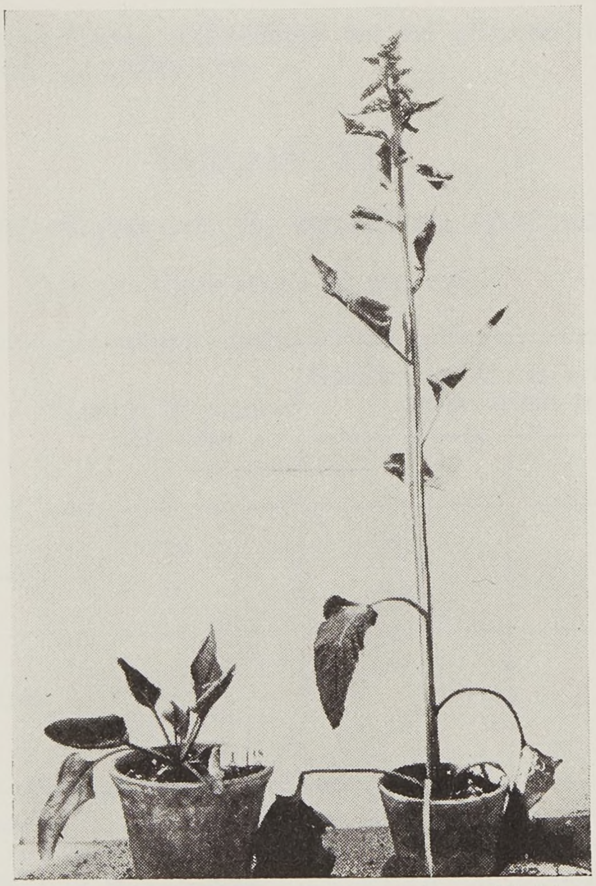


FIG. 19. — Deux exemplaires de *Beta trigyna* Waldst. et Kit., l'un maintenu à l'état végétatif en serre chaude, l'autre fleurissant après vernalisation naturelle.

A gauche : plante de deux ans conservée en serre chaude, en hiver. — *A droite :* plante mise en serre le 6 avril après avoir subi le froid de l'hiver, dehors. — Photographie du 15 mai.

Les plantes demeurent en rosette lorsqu'on les conserve en serre pendant l'hiver, les témoins laissés dehors fleurissant normalement (fig. 19). *B. trigyna* peut donc être considérée comme une espèce vivace à besoin

de vernalisation. Après la fructification, les tiges se dessèchent et il se développe à l'automne des rosettes axillaires à partir de bourgeons situés soit à l'aisselle des feuilles de la rosette, soit le plus souvent sur la partie enterrée de la tige.

Afin de voir si les jeunes bourgeons axillaires étaient vernalisables, l'expérience suivante a été réalisée le 26 mars 1957. Les plantes âgées de plusieurs années, qui étaient demeurées dehors en hiver, ont été réparties en quatre groupes.

Le premier a été conservé comme témoin. Le bourgeon principal seul a été enlevé sur 5 plantes d'un second lot. Sur 5 autres plantes, seuls ont été conservés les bourgeons dont les feuilles avaient moins de 5 mm de longueur. La tige a été sectionnée au ras du sol dans un quatrième groupe.

Le 19 mai, alors que les témoins étaient en fleurs, les plantes du second groupe qui possédaient des bourgeons axillaires bien développés avaient formé des tiges (de 5 à 13 cm) portant des ébauches florales. Les plantes des deux derniers groupes n'ont produit que des rosettes axillaires.

L'acide gibbérellique paraît avoir un effet nul ou très faible sur l'élongation caulinaire des *B. trigyna* en rosette. Dans une première série d'essais, 8 plantes ont été traitées en serre (éclairement continu ; 12 traitements de 100 µg effectués du 6 décembre 1957 au 2 mai 1958). Une très faible élongation (de moins de 2 cm) accompagnée de nécroses a été observée sur 2 plantes, les autres demeurant en rosette.

Dans une deuxième expérience, les plantes sont demeurées en rosette, à la suite de 13 traitements par 1.500 µg d'acide gibbérellique (effectués du 5 avril au 19 mai 1960).

B. — Espèces de la section *Patellares*.

Nous avons comparé, à plusieurs reprises, l'action des photopériodes de 8 heures et celle d'un éclairement continu, en serre, sur le développement des trois espèces *B. patellaris*, *B. procumbens* et *B. webbiana*. Dans chaque cas, peu de différences ont été observées entre les deux lots. Les trois espèces sont toujours caulescentes. La floraison est moins abondante peut-être en jour court qu'en jour long, mais toutes les plantes ont fleuri dans les deux conditions (fig. 20). Les premières inflorescences sont apparues à l'aisselle de la 5eme à la 8eme feuille chez *B. patellaris*, à l'aisselle de la 12eme à la 20eme feuille chez *B. procumbens*.

Le tableau XLII rassemble les résultats d'une série de traitements par l'acide gibbérellique (100 µg par plante et par traitement) effectués sur *B. procumbens*, en serre (jour naturel).

Dans deux expériences (A et D), réalisées avec de jeunes plantes

TABLEAU XLII

Effets de l'acide gibbérellique sur l'élongation de la tige de Beta procumbens.

Date du semis	Date des traitements par GA (1)	Plantes témoins					Plantes traitées		
		Age des plantes à la date du premier traitement (en jours)	Date des observations	Nombre de plantes observées	Longueur de la tige (en cm)		Nombre de plantes observées	Longueur de la tige (en cm)	
					Moyenne	Variation		Moyenne	Variation
A 18/5/1957	4 traitements du 20/6 au 9/7/1957.	23	29/7/1957	8	67,6	48 à 89	10	80,8	69 à 90
B 18/5/1957	4 traitements du 6/12 au 21/12/1957.	192	11/2/1958	6	93,5	81 à 121	8	100,9	83 à 122
C 18/11/1958	8 traitements du 27/3 au 27/4/1959.	129	15/5/1959	6	52,2	42 à 62	6	78,4	59 à 91
D 5/2/1959	»	50	»	6	97,5	82 à 112	12	107	95 à 122

(1) La dose employée correspondait à 100 µg par plante et par traitement.

produisant leurs premières fleurs, 10 plantes traitées sur 10 dans une expérience, 9 sur 12 dans l'autre, se sont arrêtées de fleurir pendant quelques semaines puis ont fleuri normalement à nouveau. Dans deux



FIG. 20. — *Beta webbiana* Moq. fleurissant en jour court.



FIG. 21. — *Beta procumbens* Chr. Sm. traité par l'acide gibbérellique et son témoin *A gauche* : plante traitée. — *A droite* : témoin.

autres expériences effectuées avec des plantes plus âgées, le traitement a provoqué une élongation de la tige sans effet sur la floraison. La figure 21 montre l'aspect d'une plante traitée dont les rameaux axillaires se sont allongés en demeurant végétatifs.

Dans le cas de *B. trigyna,* espèce vivace à besoin de vernalisation de la section *Corollinae,* nous avons donc observé une action nulle (ou très faible) de l'acide gibbérellique sur l'allongement de la tige, aussi bien lorsque les témoins demeuraient en rosette, en l'absence de vernalisation, que lorsqu'ils allongeaient leur tige après vernalisation.

Chez *B. procumbens,* espèce caulescente et indifférente à la photopériode de la section *Patellares,* les traitements par l'acide gibbérellique ont accru l'élongation de la tige mais ils ont eu sur la floraison une action nulle ou même défavorable.

II. — RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES DE GREFFAGE.

Stout (83), greffant une variété bisannuelle de *B. vulgaris* sur une variété annuelle, obtenait l'élongation et la floraison de la plupart des greffons s'ils étaient maintenus pendant quelque temps à l'obscurité. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de réaliser les greffes entre deux espèces de *Beta* présentant deux types de développement différents. D'une part, nous avons utilisé la variété bisannuelle de *B. vulgaris* dont nous nous étions servi pour les expériences précédentes. Nous avons, d'autre part, tenté d'employer les trois espèces de la section des *Patellares* : *B. patellaris, B. procumbens* et *B. webbiana.* Des observations préliminaires nous avaient montré que ces trois espèces caulescentes peuvent fleurir en jour court ou en jour long. Les tentatives de greffage effectuées avec *B. patellaris* ont échoué. Nous avons par contre obtenu un certain pourcentage de réussites en utilisant *B. webbiana* ou *B. procumbens.* Peu de greffons (*B. vulgaris*) cependant ont survécu plus de 2 ou 3 mois.

Lorsque les greffons étaient prélevés sur *B. vulgaris,* l'extrémité apicale de jeunes plantes ayant formé deux feuilles vraies était disséquée, taillée en biseau, et le bourgeon de quelques millimètres de longueur ainsi préparé était introduit dans une fente pratiquée sur une tige de *B. webbiana* ou de *B. procumbens* à l'emplacement d'un bourgeon axillaire préalablement détruit.

Dans le cas de *B. webbiana,* ce sont des bourgeons axillaires de la base de la tige, apparemment végétatifs et peu développés, qui ont été prélevés sur des plantes âgées de plusieurs mois et greffés sur une tige végétative de *B. vulgaris,* à l'aisselle d'une feuille de la rosette.

Les plantes étaient placées pendant quelques jours dans une chambre humide réalisée au moyen d'une cage en polyéthylène, avant d'être soumises, en serre, à l'action de photopériodes de 24 heures ou de 8 heures. Plusieurs centaines de greffes ont été pratiquées en 1959.

Une première série de greffes a été effectuée en juin 1959 en utilisant *B. webbiana* comme porte-greffe, les greffons étant prélevés sur *B. vulgaris*. Le 7 septembre, les 18 greffons qui étaient encore vivants étaient demeurés en rosette.

Dans une seconde série expérimentale réalisée également avec *B. webbiana*, les greffes ont été effectuées en juillet 1959 ; les plantes ont subi 4 traitements différents réalisés en jour continu ; les observations ont été effectuées le 30 novembre.

a) Plantes témoins.

Sur les 5 plantes observées, les greffons sont demeurés en rosette (fig. 22).

b) Greffons dont les feuilles ont été régulièrement enlevées.

Les 11 greffons observés sont demeurés en rosette.

c) Plantes traitées par l'acide gibbérellique.

4 traitements (100 µg par plante et par traitement) ont été effectués (du 7 au 26 octobre). Le produit a été déposé sur des pétioles préalablement scarifiés du porte-greffe, *B. webbiana*. Les greffons implantés sur les 8 plantes traitées ont tous allongé une tige (de 23 à 62 mm). Aucun n'a formé d'ébauches florales visibles.

d) Greffons placés a l'obscurité (sous des manchons de toile noire pendant 28 jours a partir du 26 octobre).

Sur 9 greffons ainsi traités, 4 se sont allongés (de quelques cm) ; 5 sont demeurés en rosette.

Quatre plantes ont pu être conservées pendant plusieurs mois. Après deux mois, les derniers entre-nœuds formés étaient à nouveau très courts (fig. 23). Un greffon qui a survécu jusqu'en mars 1960 (donc pendant 9 mois environ après le greffage) s'est allongé à nouveau après être resté quelque temps en rosette et a formé des ébauches florales.

Le greffage réciproque de *B. webbiana* sur *B. vulgaris* réussit très difficilement et les greffons qui semblent se développer ne survivent que peu de temps. 4 greffons ont survécu pendant 3 mois, un cinquième durant 5 mois. Tous se sont allongés (de 2 à 5 cm) et, malgré leurs faibles dimensions, ont produit des ébauches florales ou des fleurs (fig. 24).

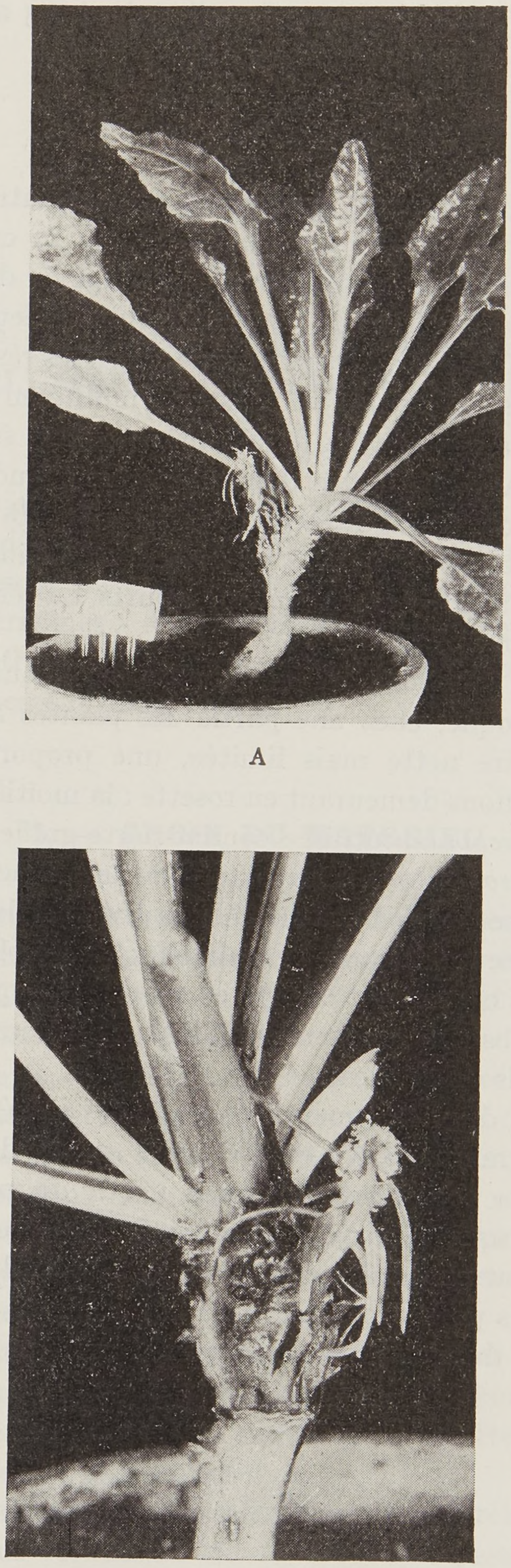
Dans une troisième expérience (les porte-greffes étant des *B. procumbens*, les greffons des *B. vulgaris* bisannuels), deux traitements différents ont été effectués (le 2 novembre 1959). Sur 13 greffons les feuilles ont été retirées. Aucun des greffons ainsi traités ne s'est allongé. 9 autres greffons ont été placés sous des manchons de toile noire (pendant 21 jours).



FIG. 22. — Greffon de *B. vulgaris* bisannuel sur *B. webbiana*, en jour long. Le greffon, qui a produit 11 feuilles, est en rosette ; le porte-greffe est en fleurs.



FIG. 23. — Greffon de *B. vulgaris* bisannuel sur un *B. webbiana* soumis successivement à l'action de l'obscurité puis à celle des jours longs. Le greffon, qui s'est allongé à l'obscurité, forme maintenant des entre-nœuds courts.



A

B

FIG. 24. — *B. webbiana* greffé sur *B. vulgaris* en rosette.
Un très jeune bourgeon axillaire de *B. webbiana* a été greffé sur un *B. vulgaris* en rosette. Le greffon est en fleurs. — A : Vue d'ensemble. — B : Gros plan.

Après un mois, 6 d'entre eux s'étaient allongés, les 3 autres demeurant en rosette.

Bien que, malgré le grand nombre de greffes pratiquées, nos observations n'aient porté que sur un nombre limité de cas, en raison des difficultés présentées par la réalisation du greffage de deux espèces aussi différentes que *B. vulgaris* et *B. webbiana* qui d'ailleurs ne se croisent que très difficilement, nous pouvons résumer ainsi les résultats obtenus.

Tandis que les bourgeons de l'espèce indifférente (*B. webbiana*) donnent naissance à un rameau floral après greffage sur des *B. vulgaris* bisannuels demeurant en rosette dans une serre chaude en éclairement continu, les bourgeons de *B. vulgaris* greffés sur des *B. webbiana* s'allongeant et fleurissant forment, dans les mêmes conditions, une rosette de feuilles insérées sur une tige à entre-nœuds courts. La défoliation du greffon ne provoque pas son allongement.

Par contre, la mise du greffon à l'obscurité, sous un manchon de toile noire, a provoqué, chez une partie des plantes ainsi traitées, une élongation caulinaire nette mais limitée, une proportion relativement importante des greffons demeurant en rosette : la moitié dans l'expérience effectuée avec *B. webbiana* utilisée comme porte-greffe, le tiers dans celle réalisée avec *B. procumbens*. Des plantules de même âge non greffées (ainsi d'ailleurs que des betteraves d'âges divers), placées à l'obscurité présentent, en l'absence de toute vernalisation, un étiolement des pétioles et des limbes mais conservent le port en rosette typique.

Nous avons observé la formation d'ébauches florales sur un greffon de *B. vulgaris* dans un seul cas.

Les résultats des traitements par l'acide gibbérellique indiquent d'abord que nos greffes étaient bien réussies et que des substances « du type gibbérelline » pouvaient diffuser à partir du porte-greffe vers le greffon, même lorsque celui-ci était placé dans des conditions de forte luminosité. Ils montrent également qu'il n'a pas suffi de déclencher l'élongation des greffons pour provoquer leur floraison, en jour long. Dans ce cas encore, l'arrêt du traitement a entraîné l'arrêt de l'élongation.

CHAPITRE IV

RECHERCHE DE SUBSTANCES DU TYPE GIBBÉRELLINE CHEZ PLUSIEURS ESPÈCES DU GENRE *BETA*

Les deux objectifs suivants ont orienté notre travail : chercher s'il était possible d'extraire à partir de feuilles ou d'extrémités de tiges de diverses espèces de *Beta* une ou plusieurs substances à effet analogue à celui des gibbérellines ; dans l'affirmative, rechercher d'éventuelles variations de l'activité de la substance ou des substances, suivant le stade de développement de la plante.

I. — CHOIX DU MATÉRIEL.

Nous avons utilisé le matériel qui avait déjà servi pour les études précédentes : d'une part la variété bisannuelle de *B. vulgaris* étudiée (variété sucrière Klein Wanzleben E) et d'autre part les espèces caulescentes *B. procumbens* et *B. patellaris*.

Dans le cas de *B. vulgaris,* les plantes ont été prélevées à des stades bien définis : état de rosette végétative non vernalisée, début d'élongation, pleine floraison, formation d'une rosette perchée en jour court. Elles avaient été élevées dans des conditions naturelles, sauf dans quelques cas particuliers : plantes maintenues pendant l'hiver à l'abri de la vernalisation, plantes ayant formé une rosette perchée en jour court après avoir été vernalisées.

Nos extractions ont porté sur des feuilles ou sur des extrémités de tiges. Les feuilles ont été prélevées à raison de 3 par plante, à la périphérie, dans la région intermédiaire et au centre de la rosette, ou à la base, au milieu et au sommet de la hampe florale.

Dans le cas des extrémités de tiges, nous avons prélevé sur les hampes florales des portions terminales de 10 cm de longueur environ portant des boutons floraux ou des fleurs et des bractées ; sur les plantes en rosette nous avons découpé à l'extrémité de la tige courte des cônes de 2 à 4 cm de hauteur environ après avoir détaché les feuilles.

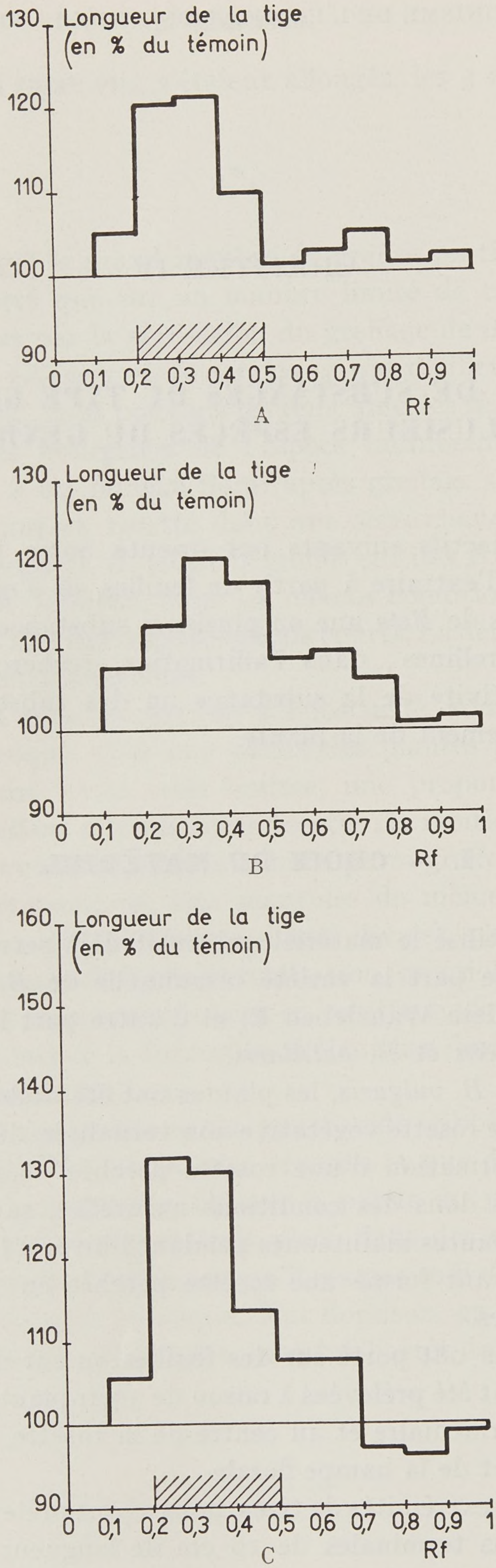


FIG. 25. — Activité d'extraits de *Beta vulgaris* (test Pois de senteur).

A : Rosette (voir tableau XLIII, prélèvement B). B : Elongation (voir tableau XLIII, prélèvement D). C : Floraison (voir tableau XLIII, prélèvement E). La zone hachurée correspond à la tache d'acide gibbérellique sur la bande témoin du chromatogramme.

TABLEAU XLV

Activité de la fraction d'extrait correspondant au Rf de l'acide gibbérellique sur l'élongation du limbe de maïs nain (d_1).

Stade de développement	Organes prélevés	Poids frais de l'échantillon	Conditions de culture	Date du prélèvement	Longueur du limbe (en % du témoin)				
					Extrait	Témoins traités par GA (µg par plante)			
						0,001	0,01	0,1	1
Rosette (non vernalisée) ..	Feuilles	700 g	Semis en champ : 15/5/1958 En serre chaude : 10/10/1958	7/4/1959	147	112	118	144	176
Début d'élongation (tige de 5 à 15 cm)	Feuilles	700 g	Semis en champ : 9/9/1958 (conditions naturelles)	7/4/1959	151	»	»	»	»

TABLEAU XLIII

Activité d'extraits de feuilles ou de tiges de betterave. Test « Pois de senteur nain ».

Caractéristiques de l'échantillon de betterave: Prélèvement	Espèce	Stade de développement	Organes prélevés	Conditions de culture (¹)	Date du prélèvement	Nombre de répétitions (²)	Longueur de la tige des pois de senteur (en % du témoin) — Activité en fonction du Rf: 0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	Plantes traitées par l'acide gibbérellique (en µg par plante): 0,001	0,01
A	*B. vulgaris* L. (variété sucrière Klein Wanzleben E)	Rosette végétative (en jour long)	Feuilles	Semis en champ : 18/4/1958	18/6/1958	3	98	122	120	107	101	99	103	103	102	120	137
B	»	Rosette végétative (en jour court)	»	Semis en champ : 18/4/1958	4/11/1958	1	105	*120*	*121*	*110*	101	103	105	101	102	114	134
C	»	»	Région apicale	Semis en champ : 18/4/1958	4/11/1958	3	115	*138*	*141*	*117*	105	113	108	104	98	114	134
D	»	Tige en élongation (portant des ébauches florales)	Feuilles	Semis en champ : 13/8/1957	20/5/1958	2	107	113	120	117	108	109	106	101	102	120	137
E	»	Floraison	Feuilles	Semis en champ : 1/4/1957; en châssis : 10/10/1957; en champ : mai 1958	24/6/1958	1	106	*132*	*130*	*113*	108	108	97	96	99	122	136
F	»	»	Extrémités de tiges	Semis en champ : 1/4/1957; en châssis : 10/10/1957; en champ : mai 1958	24/6/1958	2	119	*150*	*143*	*104*	100	107	108	105	104	122	136
G	»	Rosette perchée (en jour court)	Feuilles	Semis en champ : 1/4/1957; en châssis : 10/10/1957; en 8 h. (serre) : 1/4/1958	7/7/1958	1	101	*111*	*130*	*122*	103	102	97	94	93	108	130
H	»	»	»	Semis en champ : 18/4/1958, en châssis : 28/10/1958; en 8 h. (serre) : 26/3/1959	29/6/1959	3	103	117	131	124	115	112	102	104	97	108	130
I	*B. procumbens* C. Sm.	Floraison	Tiges et feuilles	Semis en châssis découvert : mai 1958	14/10/1958	3	112	*129*	*145*	*132*	*119*	109	102	107	95	114	134
J	*B. patellaris* Moq.	»	»	» » »	6/7/1958	2	114	*114*	*141*	*150*	*122*	108	110	97	98	109	132

(¹) Toutes les plantes ont été cultivées dehors ; certaines ont été conservées en châssis pendant l'hiver.
(²) Chaque répétition correspond à 150 g d'organes frais.
N. B. — Les chiffres en italique correspondent à la tache d'acide gibbérellique d'une bande témoin.

TABLEAU XLIV

Comparaison de l'activité de deux extraits de B. vulgaris *à l'aide de tests biologiques différents.*

Matériel utilisé pour le test	Caractéristiques de l'échantillon de betterave: Stade de développement	Poids frais de l'échantillon (en g)	Conditions de culture	Date du prélèvement	Longueur de la tige (Pois de senteur) ou du limbe (Maïs) en % du témoin — Activité en fonction du Rf: 0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	Plantes traitées par GA (µg par plante): 0,001	0,01	0,1
Pois de senteur Cupidon	Rosette (non vernalisée)	300	Semis en champ : 21/4/1959 (conditions naturelles)	1/7/1959	112	117	126	134	118	103	101	103	98			
Maïs d1	»	450	»	»	110	126	145	130	112	109	96	106	108	121	140	154
Maïs d5	»	450	»	»	109	131	148	146	129	110	111	101	98	124	148	161
Pois de senteur Cupidon	Floraison	300	Semis en champ : 9/9/1958 (conditions naturelles)	7/7/1959	107	153	135	129	105	111	115	98	95			
Maïs d1	»	450	»	»	119	141	154	122	108	104	104	98	101	121	140	154
Maïs d5	»	450	»	»	116	148	150	139	111	117	108	101	102	124	148	161

II. — RÉSULTATS.

Dans une série d'essais préliminaires, nous avons d'abord utilisé le test rapide que nous avons mis au point avec le Pois de senteur nain, afin de mettre à l'épreuve un assez grand nombre d'extractions effectuées à des stades divers. Les résultats consignés dans le tableau XLIII montrent que nous avons observé, dans tous les cas, un maximum d'élongation correspondant au Rf de la gibbérelline A_3 [qui est d'ailleurs le même que celui de la gibbérelline A_1 dans le solvant utilisé — Mac Comb et Carr (19)]. Ce maximum est très certainement significatif. Dans les études préliminaires effectuées avec des solutions d'acide gibbérellique, la plus petite différence significative, au seuil de probabilité $P = 0{,}05$ était toujours inférieure à 10 p. 100 de la longueur de la tige des plantes témoins. Or, les valeurs correspondant aux maximums varient de 120 à 150 p. 100.

Les maximums les plus élevés correspondent le plus souvent à des plantes en élongation ou en floraison ; mais ceci n'est pas général, et nous ne pouvons pas affirmer que cette variation quantitative de l'activité des extraits selon le stade de développement a une signification réelle. Les histogrammes de la fig. 25 montrent, dans trois cas, la variation de l'extrait suivant le Rf.

Nous avons ensuite voulu voir si ce résultat pouvait être vérifié à l'aide du « test maïs ». Le mutant d_1 a été utilisé. Seule la partie des chromatogrammes correspondant à la tache d'acide gibbérellique de la bande témoin a été éluée. Nous avons comparé des feuilles de betteraves en rosette (conservées en serre chaude pendant l'hiver) et des feuilles de betteraves commençant à s'allonger après vernalisation naturelle. Dans les deux cas, les maïs traités par l'éluat ont présenté un net effet d'élongation (tableau XLV).

Dans une troisième série expérimentale, nous avons cherché à mettre en évidence d'éventuelles variations qualitatives de l'activité des extraits, en utilisant simultanément les mutants de maïs d_1 et d_5. Le « test Pois de senteur » a été également employé. Nous avons comparé dans cet essai des extrémités de tiges florifères et des extrémités apicales de plantes en rosette non vernalisées. Un maximum d'élongation correspondant au Rf des gibbérellines A_1 et A_3 a été à nouveau observé. Les deux séries de tests réalisés avec les deux mutants d_1 et d_5 ont donné des résultats assez peu différents (tableau XLIV et fig. 26).

*
* *

L'activité des extraits a été constatée à l'aide de plusieurs tests biologiques. Le « test maïs » est spécifique des gibbérellines. Il n'est donc

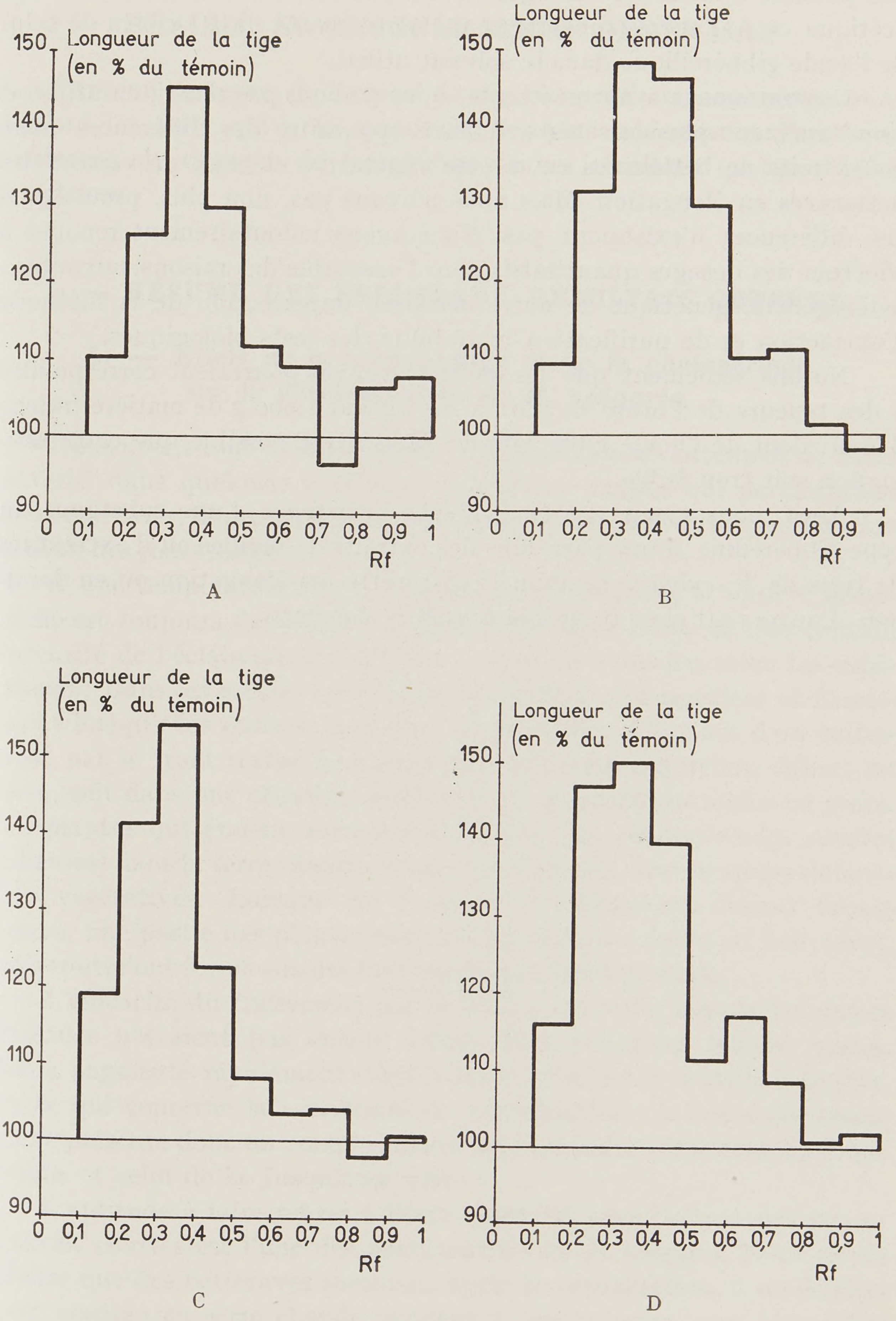


FIG. 26. — Comparaison de l'activité de deux extraits de *Beta vulgaris* à l'aide des mutants de maïs d_1 et d_5. *De gauche à droite et de bas en haut* : A et B : stade rosette, mutants d_1 et d_5. — C et D : stade floraison, mutants d_1 et d_5.

pas possible d'attribuer l'élongation des plantes traitées à l'acide indole acétique ou à d'autres substances analogues ayant un Rf voisin de celui de l'acide gibbérellique dans le solvant utilisé.

Contrairement à notre attente, nous n'avons pas réussi, en utilisant simultanément plusieurs tests, à faire apparaître des différences entre les extraits de betteraves en rosette végétative et ceux provenant des betteraves en élongation. Mais nous n'avons pas, non plus, prouvé que ces différences n'existaient pas. Nous avons volontairement renoncé à effectuer des dosages quantitatifs pour l'ensemble des raisons suivantes : hétérogénéité génétique de notre matériel, imperfection de la méthode d'extraction et de purification, variabilité des tests biologiques.

Notons seulement que les chiffres trouvés pourraient correspondre à des teneurs de l'ordre de 0,01 à 0,5 µg par 1.000 g de matière fraîche d'équivalent de l'acide gibbérellique. Mais il est possible que cette estimation soit trop faible.

Ainsi, nous avons mis en évidence l'existence d'une substance du type gibbérelline, d'une part dans des extraits de feuilles ou d'extrémités de tiges de *B. vulgaris* bisannuels en rosette, en élongation ou en floraison, d'autre part chez *B. procumbens et B. patellaris*

RÉSUMÉ ET CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Parvenu au terme de l'exposé de nos observations, nous résumerons d'abord les faits qui nous paraissent les plus intéressants. Puis nous essaierons de dégager de l'ensemble de ces résultats quelques idées directrices.

I. — RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX RÉSULTATS OBTENUS.

A. — Effets de la vernalisation et de la photopériode sur le développement de *B. vulgaris*.

Nous avons tout d'abord vérifié ou précisé le comportement de notre matériel dans quelques conditions contrôlées simples qui permettaient de bien séparer, d'une manière expérimentale, les effets de la vernalisation de ceux des jours longs.

A une température élevée (moyenne 20° environ), la variété bisannuelle est toujours demeurée en rosette végétative même en jour continu (intensité de l'éclairement d'appoint : 1.000 ou 2.000 lux selon les expériences). Dans les mêmes conditions, les plantes s'allongeaient et fleurissaient lorsqu'elles étaient soumises, au préalable, à l'action d'un traitement par le froid réalisé soit dans les conditions naturelles, dehors en hiver, soit dans une chambre froide (+ 5°) pendant au moins 60 jours. Les plantes qui étaient soumises à l'action des photopériodes courtes (8 heures) dans la serre chaude, après vernalisation, sont toujours demeurées végétatives. Lorsque les 8 heures d'éclairement étaient reçues dehors, une partie des plantes ont produit quelques fleurs en jour court, mais toutes ont formé ensuite une rosette perchée terminale.

L'efficacité du traitement par le froid a été nulle lorsque les jeunes plantules n'avaient pas encore formé leurs premières feuilles vraies. Elle a augmenté rapidement entre le stade 2 feuilles et le stade 6 feuilles. En ce qui concerne la « maturité de vernalisation » la Betterave bisannuelle présente donc un comportement intermédiaire entre celui du Seigle Petkus et celui de la Jusquiame noire.

L'aptitude à faire retour à l'état végétatif sous l'action des photopériodes courtes est l'une des particularités de *B. vulgaris*. Nous avons montré que des betteraves soumises, après la vernalisation, à un éclairement continu en serre chaude pendant 10 ou 20 jours, puis placées en jour de 8 heures fleurissent généralement en jour court, mais forment ensuite une rosette perchée terminale. Lorsque la durée du séjour en jour continu est plus longue, le comportement est variable selon les plantes à cause sans doute de l'hétérogénéité génétique du matériel étudié. Nous

avons observé, tantôt la formation d'une rosette perchée après une floraison abondante, tantôt la formation d'un glomérule en position terminale.

Lorsque l'action des photopériodes courtes a suivi immédiatement la vernalisation, les plantes placées ensuite en jour continu ont fleuri en jour long ou sont demeurées végétatives, suivant le nombre de photopériodes courtes reçues.

Les plantes placées à l'obscurité après une vernalisation de courte durée ont allongé faiblement leur tige sans fleurir, présentant ainsi un comportement intermédiaire entre celui des betteraves soumises à l'action d'un éclairement continu et celui des plantes placées en jour court, qui sont demeurées en rosette.

B. — Effets de l'acide gibbérellique sur *B. vulgaris* (variété bisannuelle).

Les traitements par l'acide gibbérellique effectués en jour continu dans une serre chaude ont provoqué l'allongement de la tige, mais ils n'ont jamais déclenché la mise à fleurs (même 33 traitements de 1.500 µg par plante et par traitement).

Mais après un séjour au froid d'une durée paraissant voisine du seuil d'efficacité (un mois par exemple), les traitements par l'acide gibbérellique, effectués dans les mêmes conditions, ont augmenté d'une façon considérable le pourcentage des plantes qui ont fleuri. Ce résultat a été vérifié au cours de plusieurs expériences. De même, dans une serre tempérée (14° à 20°) en éclairement continu, le traitement par l'acide gibbérellique a provoqué la floraison d'une partie des plantes traitées, tandis que dans la serre chaude (17° à 23°), les plantes traitées ont allongé leur tige mais sont demeurées végétatives.

Les effets des traitements par l'acide gibbérellique présentent d'autres différences avec ceux du traitement par le froid. Ce sont les jeunes plantes qui réagissent le plus aux traitements par l'acide gibbérellique ; et le premier entre-nœud de la tige est lui-même apte à s'allonger sous l'action du traitement. Cependant, les jeunes plantules paraissent peu sensibles à l'effet du traitement par le froid.

Lorsque les traitements par l'acide gibbérellique étaient effectués après vernalisation complète, l'allongement de la tige provoqué en jour long par le traitement était supérieur à celui que l'on aurait attendu si l'effet de l'acide gibbérellique et celui de la vernalisation étaient simplement additifs. De même, alors qu'en l'absence de vernalisation nous n'avons pas observé de différences entre les effets du traitement par l'acide gibbérellique selon qu'il était effectué en jour long ou en jour court, après vernalisation au contraire, le traitement par l'acide gibbérel-

lique a provoqué une plus forte élongation caulinaire en jour long qu'en jour court.

Ainsi, dans le cas de *B. vulgaris*, les traitements par l'acide gibbérellique produisent en serre chaude l'un des effets du traitement par le froid (l'élongation caulinaire) mais ils présentent en outre une interaction avec les effets de ce dernier sur l'allongement de la tige et sur la floraison.

En jour court, des traitements répétés (15 traitements de 1.500 μg d'acide gibbérellique dans une expérience) n'ont pas provoqué la floraison des plantes vernalisées. Cependant, lorsque l'acide gibbérellique a provoqué une floraison nouvelle chez des plantes vernalisées dont la floraison avait cessé à la suite de l'action des photopériodes courtes, c'est l'effet des jours longs que le traitement gibbérellinique a suppléé.

L'effet de l'acide gibbérellique, en jour long après vernalisation, dépend de l'état du développement de la plante au moment du traitement. Sur des plantes encore en rosette, l'acide gibbérellique provoque une forte élongation de la tige. Mais l'effet du traitement est faible ou nul lorsque la plante a déjà allongé sa tige et produit les premières fleurs.

C. — Comparaison des effets de l'acide gibbérellique dans le genre *Beta*.

Les expériences ont porté au total sur cinq espèces (ou variétés) qui paraissent représentatives de l'ensemble du genre *Beta*.

B. trigyna, espèce vivace à besoin de vernalisation, est demeurée en rosette après 13 traitements par l'acide gibbérellique (1.500 μg par plante et par traitement).

Chez *B. procumbens*, espèce caulescente et indifférente à la photopériode, l'acide gibbérellique a provoqué une augmentation de la longueur des entre-nœuds et a eu sur la floraison un effet nul ou défavorable.

Deux populations de *B. maritima* ont été étudiées. L'une (population du Portugal) était typiquement annuelle et sans aucun besoin de vernalisation, la totalité des individus fleurissant dans la serre chaude, en jour long. L'autre (population de Vendée) présentait un comportement intermédiaire entre celui de cette population annuelle et celui de la variété typiquement bisannuelle de *B. vulgaris* précédemment étudiée. Toutes les deux étaient héméropériodiques, demeurant à l'état végétatif dans la serre en jour court. L'acide gibbérellique, sans effet en jour court sur la floraison des deux populations, a augmenté, en jour long, le pourcentage des plantes qui ont fleuri dans le cas de la population vendéenne. Dans celui de la population du Portugal, il a accentué la précocité de la floraison.

Le genre *Beta* fournit donc un bel exemple de variation des réactions à la photopériode et à la température, à laquelle correspond une diversité des effets de l'acide gibbérellique.

D. — Essai de transmission du déclenchement de l'élongation et de la mise à fleurs par greffage entre différentes espèces de *Beta*.

Des bourgeons de jeunes *B. vulgaris* bisannuels ont été greffés à l'emplacement de bourgeons axillaires de *B. webbiana* ou de *B. procumbens*. Les porte-greffes caulescents fleurissaient. Tous les greffons sont demeurés en rosette en jour long comme en jour court. Mais, à l'obscurité totale, la moitié ou les deux tiers des greffons, selon les expériences, ont allongé leurs entre-nœuds, alors que des témoins placés à l'obscurité demeuraient en rosette. La formation de boutons floraux a été observée sur l'un des greffons placés successivement à l'obscurité puis en jour continu.

Des traitements par l'acide gibbérellique effectués en jour long sur le porte-greffe ont provoqué l'élongation du greffon mais non sa mise à fleurs.

Des greffons de *B. webbiana* ont fleuri sur des *B. vulgaris* en rosette.

E. — Recherche de substances « du type gibbérelline ».

Nous avons d'abord mis au point un test biologique original de substances « du type gibbérelline ». Ce test qui utilise le Pois de senteur nain (*Lathyrus odoratus* L. variété Cupidon) permet d'utiliser les chromatogrammes sans les éluer.

Une substance ayant sur l'élongation des limbes des mutants nains de maïs et des tiges de pois de senteur nain un effet analogue à celui des gibbérellines a été mise en évidence d'une part dans des extraits de *B. vulgaris* bisannuels, à divers stades du développement (rosette, élongation, floraison), et d'autre part chez les espèces caulescentes *B. procumbens* et *B. patellaris*.

En employant simultanément plusieurs tests, nous n'avons pas pu mettre en évidence de différences entre l'activité des extraits selon le stade de développement de *B. vulgaris*. Mais il n'est pas impossible qu'il puisse y avoir des différences, quantitatives notamment, qui seraient demeurées inaccessibles au degré de précision des méthodes que nous pouvions employer.

II. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Les considérations générales que suggèrent ces résultats porteront sur les points suivants : le rôle éventuel d'une « gibbérelline native » sur le développement de *B. vulgaris*, la dissociation expérimentale de l'élongation caulinaire et de la floraison, le mode d'action de l'acide gib-

bérellique dans le cas de *B. vulgaris*, la diversité des mécanismes régulateurs du développement dans le genre *Beta*.

A. — Le rôle éventuel d'une gibbérelline native dans le déclenchement de l'élongation caulinaire chez *B. vulgaris*.

Nous avons vu que, chez *B. vulgaris*, l'acide gibbérellique provoque l'un des effets du froid, l'élongation caulinaire, mais non la floraison. Une hypothèse simple serait qu'une gibbérelline produite à la suite de la vernalisation provoque, dans les conditions naturelles, l'allongement de la tige. Mais il nous semble peu probable que dans le cas de *B. vulgaris*, ce soit une gibbérelline qui joue seule le rôle essentiel dans le déclenchement de l'élongation caulinaire résultant de la vernalisation, en raison de l'ensemble des faits expérimentaux suivants (bien qu'aucun de ces faits ne constitue à lui seul un argument suffisant).

1° Les doses de gibbérelline A_3 que nous avons dû employer pour provoquer un allongement appréciable de la tige sont très élevées (plusieurs centaines de µg généralement). Ces quantités de gibbérelline sont considérablement plus importantes que celles que l'on pourrait trouver dans la plante. On pourrait supposer, cependant, que la gibbérelline native qui existe chez *B. vulgaris* soit différente des gibbérellines connues et efficace à des concentrations très faibles. Mais la substance que nous avons décelée présente un Rf identique à celui des gibbérellines connues.

2° Notre tentative d'extraction de substances analogues aux gibbérellines, bien qu'ayant abouti à un résultat positif, ne nous a pas permis de mettre en évidence de variations liées au stade de développement. Chez *Hyoscyamus niger* au contraire, LANG (41) a observé des différences quantitatives (et probablement qualitatives) entre l'activité des extraits sur les mutants nains de maïs.

3° Puisque, dans le cas de *B. vulgaris*, on observe des interactions entre les effets de l'acide gibbérellique et ceux de la vernalisation sur l'élongation caulinaire, on peut supposer que la gibbérelline A_3 n'agit pas seule et que d'autres substances ont un rôle sur l'allongement de la tige.

4° Les bourgeons de *B. vulgaris* greffés sur *B. webbiana*, espèce caulescente, demeurent en rosette en jour long. Or nous savons que les gibbérellines diffusent facilement d'une manière non polarisée. Nous avons d'ailleurs provoqué l'élongation des greffons en traitant les porte-greffes par l'acide gibbérellique.

Cet ensemble d'observations rend improbable l'hypothèse de l'action d'une gibbérelline, exprimée sous sa forme la plus simple.

Mais il n'est pas impossible qu'une ou plusieurs gibbérellines puissent, dans le cas de notre matériel, agir sur la régulation de l'élongation

caulinaire résultant de la vernalisation et de l'action des photopériodes longues, en interaction avec d'autres mécanismes. On pourait en effet envisager, d'une manière purement hypothétique, que des inhibiteurs des gibbérellines tels que ceux signalés récemment par PHINNEY (*) jouent un rôle important. Il n'est pas impossible non plus que d'autres substances puissent renforcer l'action des gibbérellines.

B. — Dissociation expérimentale de l'élongation caulinaire et de la floraison.

Dans les conditions normales, l'allongement de la tige et la floraison paraissent liés chez *B. vulgaris*. Après vernalisation, les plantes qui s'allongent en jour long fleurissent ; le ralentissement de l'élongation, en jour court, s'accompagne de l'arrêt de la floraison.

Cependant, nous avons pu provoquer expérimentalement l'élongation caulinaire sans déclencher la mise à fleurs dans différents cas : à la suite de traitements par la gibbérelline A_3 effectués en serre chaude, soit en jour long, soit en jour court ; à l'obscurité, après vernalisation.

L'allongement de la tige n'entraîne donc pas nécessairement la floraison chez *B. vulgaris* qui se comporte d'une manière différente de celle de *H. niger*.

Dans le cas de *B. vulgaris*, il n'est pas possible non plus de penser que l'allongement de la tige et la floraison correspondent respectivement à la vernalisation et à l'effet des photopériodes longues. En effet, la vernalisation ne provoque pas seulement l'allongement de la tige puisque la plante peut exceptionnellement produire quelques fleurs après un long séjour au froid, soit à l'obscurité [FIFE et PRICE (23)], soit en jour court. Et d'autre part, les plantes qui ont allongé leur tige sous l'action de l'acide gibbérellique n'ont pas fleuri, dans la serre, en jour long.

C. — Le mode d'action de l'acide gibbérellique, dans le cas de *B. vulgaris*.

Nous avons vu qu'en serre chaude et en jour long, l'acide gibbérellique, dans les conditions de nos expériences, n'a jamais déclenché la floraison, même lorsque les doses employées étaient très élevées et provoquaient un allongement considérable de la tige. Mais après un séjour au froid de courte durée, des doses beaucoup plus faibles ont suffi à déclencher la mise à fleurs de plantes qui, sans traitement par l'acide gibbérellique, n'auraient pas fleuri. L'acide gibbérellique agit donc en interaction avec les effets du froid et des jours longs. Mais nous ignorons le mécanisme de cette action.

(*) Communication orale.

Plusieurs hypothèses de travail peuvent être formulées. On peut supposer que l'action de la gibbérelline A_3 s'ajouterait à un autre effet produit par le froid et les photopériodes longues (suppression d'inhibiteurs ou formation de substances stimulatrices par exemple). Mais, puisque les traitements par l'acide gibbérellique favorisent l'élongation et la floraison lorsque le processus de la vernalisation a commencé mais ne paraissent pas pouvoir remplacer ce dernier totalement, on peut également supposer que l'ensemble de l'« induction photothermique » comprend deux ou plusieurs étapes, l'acide gibbérellique n'influant pas sur la première. Les photopériodes courtes, qui permettent dans certains cas d'annuler l'effet de la vernalisation agiraient sur le mécanisme primaire, mais en sens inverse.

Les différences que l'on observe entre les effets de la gibbérelline A_3 selon que la plante est vernalisée ou non, différences qui portent à la fois sur la floraison et sur l'élongation caulinaire, suggèrent que l'action physiologique de l'acide gibbérellique pourrait ne pas être la même dans les deux cas. Dans l'hypothèse d'une action de l'acide gibbérellique sur des inhibiteurs « d'auxines » par exemple, on pourrait penser qu'avant la vernalisation, la gibbérelline A_3 modifierait le taux des substances de croissance d'une manière qui provoquerait l'élongation mais n'agirait pas sur la floraison.

La vernalisation produirait un changement (sans doute au niveau du méristème) dont nous ignorons la nature. Et après la vernalisation, les substances de croissance dont l'acide gibbérellique augmenterait la concentration ne seraient pas toutes les mêmes qu'avant la vernalisation.

Mais il ne s'agit que d'une suggestion tout à fait hypothétique qui ne concerne d'ailleurs que le matériel étudié et les espèces qui auraient un comportement analogue.

D. — La diversité des mécanismes régulateurs du développement.

Il semble bien que dans l'ensemble du genre *Beta* les mécanismes mis en jeu dans le déclenchement de la phase reproductrice soient différents selon les espèces.

Les espèces de la section *Patellares*, caulescentes et indifférentes à la photopériode, présentent un type de développement qui s'oppose à celui de *B. vulgaris*. Cependant, les expériences de greffage nous ont montré que ces espèces pouvaient transmettre à la variété bisannuelle de *B. vulgaris* la faculté de s'allonger et peut-être même de fleurir. L'équilibre final qui provoque l'élongation d'une tige florifère pourrait donc être le même chez les deux types de plantes. Mais la difficulté avec laquelle s'effectue la transmission par greffage du déclenchement de l'élongation (nécessité de placer les greffons à l'obscurité, pourcentage

relativement faible de greffons qui s'allongent) suggère à nouveau l'hypothèse de la présence d'inhibiteurs chez *B. vulgaris*.

Si l'on compare, d'autre part, *B. vulgaris* et *H. niger* qui sont toutes deux des espèces bisannuelles à port en rosette, à besoin de vernalisation et de jours longs, on constate à côté de ces caractéristiques communes, des différences importantes que révèlent les traitements par l'acide gibbérellique. Dans le groupe des espèces bisannuelles à besoin de vernalisation et de jours longs, *H. niger* peut être considérée comme type des espèces que l'acide gibbérellique peut faire allonger et fleurir en jour court. *B. vulgaris* peut être prise comme exemple typique d'espèce chez laquelle l'acide gibbérellique provoque l'élongation sans la floraison, mais peut cependant déclencher en jour long la floraison ainsi que l'élongation lorsque les plantes ont subi un traitement par le froid d'une courte durée.

Il est intéressant de constater que les tentatives d'extraction de substances à effet analogue aux gibbérellines ont donné des résultats différents dans ces deux cas.

Ainsi, notre travail sur la physiologie du développement des espèces du genre *Beta* apporte, dans ce cas particulier, à la fois des arguments en faveur de l'hypothèse d'une certaine diversité des mécanismes régulateurs du développement et de celle d'une identité ou d'une similitude de l'équilibre final agissant sur la floraison.

SUMMARY

Studies on the determinism of elongation and flowering in the genus Beta.

In a preliminary part devoted to some experiments on the action of vernalization and photoperiodism on the development of *Beta vulgaris* L., we have precised the behaviour of the chosen variety (sugar-beet variety *Klein Wanzleben E*), in our experimental conditions.

After showing the influence of plant-age and of duration of cold-treatment upon the effects of cold, we have given evidence of the opposition between the effects of long photoperiods and of short photoperiods, occurring after vernalization. Then, in the same experimental conditions, we have applied gibberellic acid (GA). In the greenhouse, GA has induced stem elongation but not flowering, under a 24-hour photoperiod as well as under an 8-hour photoperiod.

After complete vernalization, under long day, gibberellic acid has increased elongation and has accelerated flowering when the treatment had been applied at the rosette-stage. The effect upon elongation was small or nonexistent, when the treated plants were already in full flower at the time of treatment. Under short day, while the vernalized check-plants remained in rosette, the plants treated with GA had elongated their stems without flowering.

The length of stems of plants treated with GA after vernalization was superior to the length that would have been expected if both effects of vernalization and of GA treatment had been merely additive.

When treatment with gibberellin A 3 has been applied on plants subjected to a short stay in cold chamber, it has increased the number of plants which flowered.

In our experimental conditions, when, after vernalization, beets were first exposed to continuous illumination, then to the action of short days, their behaviour has varied according to the length of time spent in continuous light. They have reverted to a vegetative condition, have terminated in aerial rosettes, or have kept on flowering under short day.

Treatments with GA applied on plants which had reverted to a vegetative condition under the influence of short photoperiods, after flowering under long day, have induced both a new elongation and a new flowering.

When, after vernalization, plants were first subjected first to 8-hour photoperiods, then to continuous light, they remained vegetative under a 24-hour photoperiod, after being exposed to a sufficient number of 8-hour photoperiods. The minimum number of short photoperiods necessary to induce devernalization seems to range about 60, in the conditions of our experiments. After devernalization by short photoperiods, GA has induced stem elongation but not flowering.

In the genus *Beta*, to the various types of development, correspond differences in the response to GA. GA seems to have little effect on *B. trigyna*, a perennial species of the section *Corollinae*. In the caulescent species unaffected by photoperiod, of the section *Patellares*, it may increase elongation but seems to have none effect or even an unfavourable effect on flowering.

In the annual populations of *B. maritima*, GA has favoured elongation and flowering, under long day. Under short day, it has started elongation without promoting flowering.

In a third part, we have tried to know if, by grafting biennial beet on an always caulescent species, it was possible to transfer separately or simultaneously the ability of elongating stem and of flowering, from the day neutral species to the biennial one.

The buds of *B. vulgaris* grafted on *B. webbiana* and *B. procumbens* in full flower, did not elongate, under long day. But one half or even the 2/3 rd of them, according to the experiments, have elongated when maintained in darkness for some time. Scions of *B. webbiana* have flowered on beets in rosette.

In the fourth part of this work, after developing an original bioassay of gibberellin-like substances, which uses the dwarf sweet pea *(Lathyrus odoratus* L. var. *Cupidon)*, we have shown the existence of one substance having an effect similar to the effect of gibberellins on the elongation of the leaves of some dwarf mutants of maize and of the stems of dwarf sweet pea ; we have found it, on one hand in extracts of biennial beets at various stages of their development, and on the other hand in the caulescent species *B. procumbens* and *B. patellaris*.

ZUSAMMENFASSUNG

Untersuchungen über den Determinismus des Längenwachstums und der Blüte der Gattung Beta.

In einem einleitenden Teil, der einigen Versuchen über die Wirkung der Jarowisation und der Photoperiode auf die Entwicklung von *Beta vulgaris* L. gewidmet war, hatten wir Gelegenheit, das Verhalten der untersuchten Sorte (Zuckerrübe *Klein Wanzlebener* E) unter Experimentalbedingungen näher zu bestimmen.

Nachdem wir den Einfluss des Lebensalters der Pflanze und der Dauer des Kälteverfahrens auf die Wirkungen der Kälte bestimmten, hoben wir die Gegensätzlichkeit zwischen den Wirkungen langer und kurzer Photoperioden nach der Jarowisation klar hervor.

Alsdann führten wir unter den gleichen experimentalen Bedingungen Behandlungen mit Gibberellinsäure durch. Im geheizten Treibhaus bewirkte die Gibberellinsäure ein Längenwachstum des Stengels, jedoch kein Blütenansatz, sowohl bei 24-stündiger wie auch bei 8-stündiger Tagesbeleuchtung.

Nach vollständiger Jarowisation, bei Langtagen, bewirkte die Gibberellinsäure ein Längenwachstum und rückte die Blütezeit vor, wenn die Behandlung durchgeführt wurde, als die Pflanze sich noch im Rosettenstadium befand. Die Wirkung war jedoch schwach oder gleich null, sobald die behandelten Pflanzen schon in der Blüte standen. Bei Kurztagen, wenn die jarowisierten Vergleichspflanzen noch im Rosettenstadium waren, zeigten die behandelten Plfanzen ein Längenwachstum der Stengel, ohne jedoch zu blühen.

Die Länge der Pflanzenstengel der behandelten Pflanzen nach Jarowisation war indes grösser als diejenige, die man hätte annehmen können, wenn die Wirkung der Jarowisation und die Behandlung mit Gibberellinsäure einfach nur ergänzend gewesen wäre.

Die Behandlung mit Gibberellin A 3 auf Pflanzen, die kurze Zeit im Kälteraum waren, erhöhte die Zahl der blühenden Pflanzen.

Wenn in unsern experimentalen Bedingungen, nach Jarowisation, die Zuckerrüben zuerst einer dauernden Beleuchtung und dann Kurztagen ausgesetzt waren, so verhielten sie sich, je nach Dauer der Beleuchtung, verschieden. Sie kehrten zum vegetativen Stadium zurück, bildeten eine Endrosette, oder blühten weiter bei Kurztagbeleuchtung.

Auf Pflanzen, die zum vegetativen Stadium, unter Einwirkung der kurzen Photoperioden zurückgekehrt waren, nachdem sie unter Langtagbeleuchtung geblüht hatten, bewirkte die Gibberellinsäure sowohl ein Längenwachstum als zugleich ein neues Blühen.

Waren aber die Pflanzen, nach Jarowisation, zuerst 8-stündigen Photoperioden ausgesetzt, mit folgender Dauerbeleuchtung, so blieben sie bei 24-stündigen Tag und auch nach einer genügenden 8-stündigen Beleuchtungen vegetatif. Die Mindestzahl der kurzen Photoperioden, die notwendig sind, um eine Entjarowisierung herbeizuführen, scheint bei unsern Versuchen um 60 zu liege. Nach Entjarowisierung durch Kurzphotoperioden bewirkte die Gibberellinsäure ein Längenwachstum, jedoch kein Blühen.

Jedem Entwicklungstyp der gesamten Gattung Beta entspricht eine verschiedene Reaktion auf Gibberellinsäure. Diese scheint wenig Wirkung auf *B. trigyna*, eine dauerhafte Art der Abteilung *Corollinae* zu haben. Bei den gestielten und gegenüber Photoperiode gleichgültigen Arten der Unterteilung *Patellares* mag sie das Längenwachstum fördern, scheint jedoch keine oder sogar ungünstige Wirkung auf das Blühen zu zeitigen.

Im Falle der einjährigen *B. maritima* hat die Gibberellinsäure das Längenwachstum und das Blühen bei Langtagen gefördert. Bei Kurztagen löste sie das Längenwachstum ohne Blühen aus.

In einem dritten Teile wollten wir feststellen, ob bei Pfropfen einer zweijährigen Rübe auf eine immer gestielte es möglich sei, gestrennt oder simultan die Möglichkeit des Längenwachstums und des Blühens zu übertragen, d. h. von einer gleichgültigen auf eine zweijährige Art.

Die Knospen der *B. vulgaris*, auf *B. webbiana* oder auf *B. procumbens* in der Blüte stehend gepfropft, zeigten keinerlei Verlängerung bei Langtagbeleuchtung. Aber die Hälfte oder zwei Drittel, je nach den Versuchen, zeigten Längenwachstum bei Verbleib im Dunkeln während einiger Zeit. Reiser der *B. webbiana* blühten auf Rüben im Rosettenstadium.

Im vierten Teil unserer Arbeit, nachdem wir eine originale Testmethode ausgearbeitet hatten, die die wohlriechende Erbse *(Lathyrus odoratus L*, var. *Cupidon)* benützt, zeigten wir das Vorhandensein einer Substanz, die auf das Längenwachstum der Blattspreiten des mutandierenden Zwergmaises und der Stengel der wohlriechenden Zwergerbse eine ähnliche Wirkung wie Gibberellin hat, die einerseits in zweijährigen Rübenextrakten verschiedener Entwicklungsstadien, andererseits bei den gestielten Arten *B. procumbens* und *B. Patellaris* vorkommt.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

(1) Aytoun (R. S. C.), Dunn (A. T.) and Seiler (D. A. L.). — A biological assay for gibberellic acid with rice seedlings. *Analyst*, **84**, 216-221, 1959.

(2) Bakhuyzen (H. L. Van de Sande), Wittenrood (H. G.). — Het tot bloei en zaadvorming brengen van topinambour rassen. *Versl. C. I. L. O. Wageningen*, 137-143, 1950.

(3) Banga (O.). — Vernalisatie en Devernalisatie van Bieten. *Mededel. Dir. van Tuinbouw.*, **11**, 324-347, 1948.

(4) Bell (G. D. H.). — Induced bolting and anthesis in sugar beet and the effect of selection of physiological types. *J. Agric. Sci.*, **36**, 167-183, 1946.

(5) Bennett (C. W.). — Correlation between movement of the curly top virus and translocation of food in tobacco and sugar beet. *J. Agric. Res.*, **54**, 479-502, 1937.

(6) Brian (P. W.). — Role of gibberellinlike hormones in regulation of plant growth and flowering. *Nature*, **181**, 1122-1123, 1958.

(7) Brian (P. W.) and Grove (J. F.). — L'acide gibbérellique. *Endeavour*, **16**, 161-171, 1957.

(8) Brian (P. W.) and Hemming (H. G.). — A relation between the effects of gibberellic acid and indolylacetic acid on plant cell extension. *Nature*, **180**, 417, 1957.

(9) Cajlahjan (M.). — Sur la théorie hormonale du développement des plantes. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR*, **12**, 443-447, 1936.

(10) Cajlahjan (M.) et Hlopenkova (L. P.). — Rôle des feuilles dans le développement des plantes bisannuelles. *Dokl. Akad. Nauk* SSSR, **112**, 774-776, 1956.

(11) Campbell (G. K. G.). — Some responses of sugar beet to gibberellic acid. *Inst. Intern. Rech. Betteravières, Bruxelles, 21e Congrès*, 1958.

(12) Cesnokov (V.). — Vernalisation de la betterave cultivée (en russe). *Trudy Leningrad Obshchestva Estestvoispytatelei Bot.*, **63**, 110-112, 1934. — Résumé dans Vernalization and Phasic development of plants. *Imperial Bureaux of Plant Genetics*, Aberystwyth and Cambridge, 87, 1935.

(13) Cholodny (N. G.). — Internal factors of flowering. *Herbage Review*, **7**, 223-247, 1940.

(14) Chouard (P.). — Coup d'œil sur les mécanismes régulateurs du développement. 1° chez les plantes annuelles et bisannuelles. 2° chez les plantes vivaces. *Bull. Soc. Bot. France*, **96**, 218-222, 235-238, 1949.

(15) Chouard (P.). — Diversité des mécanismes des dormances, de la vernalisation et du photopériodisme, relevée notamment par l'action de l'acide gibbérellique. *Bull. Soc. Bot. France*, Mém., 51-64, 1956-1957.

(16) Chouard (P.). — Vernalization and its relations to dormancy. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, **11**, 191-238, 1960.

(17) Chroboczek (E.). — A study of some ecological factors influencing seed stalk development in beets (*Beta vulgaris*). *Agric. Exp. Sta. Cornell. Univ.*, Mem., 154, 528 pp., 1934.

(18) COE (G. E.). — A grafting technique enabling an unthrifty interspecific hybrid of *Beta* to survive. *Proceed. Amer. Soc. Sugar beet Techn.*, **8**, 157-160, 1954.

(19) MCCOMB (A. J.) and CARR (D. J.). — Evidence from a dwarf pea bioassay for naturally occuring gibberellins in the growing plant. *Nature*, **181**, 1548-1549, 1958.

(20) COONS (G. H.). — The wild species of *Beta. Proceed. Amer. Soc. Sugar beet Techn.*, 142-147, 1954.

(21) DOXTATOR (C. W.). — Gibberellic acid effects on seed and seedlings of sugar beets. *J. Amer. Soc. Sugar beet Techn.*, **10**, 117-123, 1958.

(22) ERNOULD (L.). — Les espèces botaniques du genre *Beta. Publ. Inst. belge Amél. Betterave*, Tirlemont, **13**, 219-254, 1945.

(23) FIFE (J. M.) and PRICE (C.). — Bolting and flowering of sugar beets in continuous darkness. *Plant Physiol.*, **28**, 475-480, 1953.

(24) GALSTON (A. W.) and WARBURG (H.). — An analysis of auxin-gibberellin interaction in pea stem tissue. *Plant Physiol.*, **34**, 16-22, 1959.

(25) GARNER (W. W.) and ALLARD (H. A.). — Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. *J. Agric. Res.*, **18**, 553-606, 1920.

(26) GARNER (W. W.) and ALLARD (H. A.). — Further studies in photoperiodism, the response of the plant to relative length of day and night. *J. Agric. Res.*, **23**, 871-920, 1923.

(27) GASKILL (J. O.). — Induction of reproductive development in sugar beets by photothermal treatment of young seedlings. *Proceed. Amer. Soc. Sugar beet Techn.*, 112-120, 1952.

(28) GASKILL (J. O.). — A new sugar beet breeding tool — Two seed generations in one year. *Agron. J.*, **44**, 338, 1952.

(29) GASKILL (J. O.). — A preliminary report on the use of gibberellic acid to hasten reproductive development in sugar beet seedlings. *J. Amer. Soc. Sugar beet Techn.*, **9**, 521-528, 1957.

(30) KATO (J.). — Studies on the physiological effect of gibberellin. II. On the interaction of gibberellin with auxins and growth inhibitors.*Physiol. Plant.*, **11**, 10-15, 1958.

(31) KAVANAGH (F.) and KUZEL (N. R.). — Fluorometric determination of gibberellic and gibberellinic acids in fermentation products, commercial formulations and purified materials. *Agric. and Food Chem.*, **6**, 459-463, 1958.

(32) KAWARADA (A.) and SUMIKI (Y.). — The occurrence of gibberellin A_1 in water sprouts of *Citrus. B. Agric. Chem. Soc. Japan*, **23**, 343-344, 1959.

(33) KHUDAIRI (A. K.) and LANG (A.). — Flowering hormone of short day and long day plants. 8e *Congrès Intern. Bot., Paris*, 351, 1954.

(34) KLOEN (D.). — Vernalization as a means of accelerating production of seed. *Bull. Inst. Intern. Froid*, **1**, 123-128, 1954.

(35) KNOTT (J. E.). — Effect of localized photoperiod on spinach. *Proceed. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **31**, 152-154, 1934.

(36) LANG (A.). — Physiology of flowering. *Annu. Rev. Plant. Physiol.*, **3**, 265-306, 1952.

(37) LANG (A.). — The gibberellins and their role in plant growth and development. Colloque intern. Photo-thermoperiodisme, Parma, 1957, *Publ. U. I. S. B.*, série B, **34**, 55-73, 1957.

(38) LANG (A.). — Induction of flower formation in biennial *Hyoscyamus niger* by treatment with gibberellin. *Naturwiss.*, **43**, 257-258, 284-285, 1956.

(39) LANG (A.). — Gibberellin and flower formation. *Naturwiss.*, **43**, 544, 1956.

(40) LANG (A.). — The effect of gibberellin upon flower formation. *Proceed. Nat. Acad. Sci.*, **43**, 709-717, 1957.

(41) LANG (A.). — Induction of reproductive growth in plants. *Fourth Intern. Congress. Biochem.*, **6**, 126-140, 1958.
(42) LAWSON (W. A.). — Gibberellic acid as a growth accelerator on sugar beets. *J. Amer. Soc. Sugar beet Techn.*, **10**, 181-186, 1958.
(43) LJUBIMENKO (V. N.) et BUSLOVA (E. D.). — Contribution à la théorie du photopériodisme. II. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **14**, 149-152, 1937.
(44) LONA (F.). — L'azione dell'acido gibberellico sull'accrescimento caulinare di talune piante erbacee in condizioni esterne controllate. *Nuovo Giorn. botan. Ital.*, N. S. **63**, 61-76, 1956.
(45) LONA (F.). — Azione gibberellosimile di estratti ottenuti da giovani strutture fiorali di *Brassica napus* L. var. *oleifera*. *Ateneo Parmense*, **28**, 111-115, 1957.
(46) MARGARA (J.). — Sur la dévernalisation de bourgeons de la tige chez des espèces du genre *Beta*. *C. R. Acad. Sci.*, **246**, 145-147, 1958.
(47) MARGARA (J.). — Comparaison de l'action de l'acide gibbérellique dans le genre *Beta*. *C. R. Acad. Sci.*, **249**, 751-753, 1959.
(48) MARGARA (J.) et MOREL (G.). — Mise en évidence d'une substance du type gibbérelline chez plusieurs espèces du genre *Beta*. *C. R. Acad. Sci.*, **250**, 749-751, 1960.
(49) MARTH (P. C.), AUDIA (W. V.) and MITCHELL (J. W.). — Effects of gibberellic acid on growth and development of plants of various genera and species. *Bot. Gaz.*, **118**, 106-111, 1956.
(50) MELCHERS (G.). — Die Blühhormone. *Ber. deutsch. bot. Ges.*, **57**, 29-48, 1939.
(51) MCMILLAN (J.) and SUTER (P. J.). — The occurrence of gibberellin A_1 in higher plants : isolation from the seed of runner bean (*Phaseolus multiflorus*). *Naturwissenschaften*, **45**, 46, 1958.
(52) MOQUIN-TANDON (A.), — *Chenopodearum Monographica Enumeratio*. Paris, 1840.
(53) MOQUIN-TANDON (A.), in DE CANDOLLE (A. P.). — *Prodromus Systemis naturalis regni vegetabilis, Parisiis*, **13**, 2, 54-58, 1849.
(54) MOSHKOV (B. S.). — The role of leaves in the photoperiodic response of plants. *Trudy Prikl. Bot. Genet. i Selekcii*, Série A, **17**, 25-30, 1936. (Réf. in *Herbage Abstr.*, **6**, 204, 1936).
(55) MOSHKOV (B. S.). — Photoperiodic response of leaves and its utilization in grafting. *Trudy Prikl. Bot. Genet. i Selekcii*, Série A, **19**, 107-126, 1936. (Réf. in *Herbage Abstr.*, **7**, 326, 1937).
(56) MUNERATI (O.). — Observations sur la montée à graines des betteraves la première année. *C. R. Acad. Sci.*, **179**, 604-606, 1924.
(57) MUNERATI (O.). — Trois générations de *Beta vulgaris* L. dans l'espace d'une année. *C. R. Acad. Sci.*, **184**, 111-113, 1927.
(58) MUNERATI (O.). — Observations sur la durée du cycle de la betterave. *C. R. Acad. Sci.*, **190**, 647-469, 1930.
(59) NAYLOR (A. W.). — Effects of some environmental factors on photoperiodic induction of beets. *Bot. Gaz.*, **102**, 557-575, 1941.
(60) NEELY (P. M.) and PHINNEY (B. O.). — The use of the mutant dwarf 1 of maize as a quantitative bioassay of gibberellin activity. *Plant Physiol.*, **32**, suppl. août, XXXI, 1957.
(61) NITSCH (J. P.). — Présence de gibbérellines dans l'albumen immature du pommier. *Bull. Soc. Bot. France*, **105**, 479-482, 1958.
(62) NITSCH (J. P.) et NITSCH (C.). — Modification du métabolisme des auxines par l'acide gibbérellique. *Bull. Soc. Française Physiol. Végét.*, **5**, 20-23, 1959.
(63) OWEN (F. V.), CARSNER (E.) and STOUT (M.). — Photothermal induction of flowering in sugar beets. *J. Agric. Res.*, **61**, 101-124, 1940.
(64) VAN OVERBEEK (J.), RACUSEN (D. W.), TAGAMI (M.) and HUGHES

(W. J.). — Simultaneous analysis of auxin and gibberellin. *Plant Physiol.*, suppl. août, XXXII, 1957.

(65) PACK (D. A.). — The storage of sugar beets. *Facts about sugar*, **19**, 178-180, 208-209, 232-233, 251-253, 1924.

(66) PHILLIPS (I. D. J.), VLITOS (A. J.) and CUTLER (H.). — The influence of gibberellic acid upon the endogenous growth substances of the Alaska pea. *Contr. Boyce Thompson Inst.*, **20**, 111-120, 1959.

(67) PHINNEY (B. O.) and WEST (C. A.). — The growth response of single gene dwarf mutants of *Zea mays* to gibberellins and to gibberellin-like substances. *Proceed. Intern. Genetica Symp.*, Tokyo, 384-385, 1957.

(68) PSAREV (G. M.). — Localization of the photoperiodic stimulus in soybean. *Sovet. Bot.*, **3**, 88-91, 1936. (Réf. in *Herbage Abstr.*, **7**, 326, 1937).

(69) RADLEY (M.). — Occurrence of substances similar to gibberellic acid in higher plants. *Nature*, **178**, 1070-1071, 1956.

(70) RADLEY (M.). — The distribution of substances similar to gibberellic acid in higher plants. *Ann. Bot.*, **22**, 297-307, 1958.

(71) RADLEY (M.) and DEAR (E.). — Occurrence of gibberellin-like substances in the coconut. *Nature*, **182**, 1098, 1958.

(72) RESENDE (F.). — Auxin and antiauxin, the hormones responsible for the change of the vegetative into floral phenotypes. *Bol. Soc. Portug. Cienc. Nat.*, Série 2A, **2**, 174-188, 1949.

(73) RESENDE (F.). — « Long-short » day plants. *Portug. Acta Biol.*, Série A, **3**, 318-322, 1952.

(74) RESENDE (F.). — Gradaçao floral e comportamendo das PDLC na transmissâo do estado floral entre « donor » e « acceptor » (*Bryophyllum* e *Kalanchoë*). *Portug. Acta Biol.*, **4**, Série A, 272-296, 1955.

(75) RITZEL (M. B.). — The distribution and time of occurrence of gibberellin-like substances from flowering plants. *Plant Physiol.*, **32**, suppl., XXXI, 1957.

(76) SACHS (R. M.), BRETZ (C.) and LANG (A.). — Cell division and gibberellic acid. *Exp. Cell. Res.*, **18**, 230-244, 1959.

(77) SACHS (R. M.), BRETZ (C.) and LANG (A.). — Shoot histogenesis : the early effects of gibberellin upon stem elongation in two rosette plants. *Amer. J. Bot.*, **46**, 376-384, 1959.

(78) SECHET (J.). — Action des basses températures sur les semences de betterave en germination. *C. R. Acad. Agric.*, **45**, 879-882, 1959.

(79) SHAW (H. B.). — Climatic control of the morphology and physiology of beets. *Sugar*, **19**, 387-391, 431-434, 479-486, 1917.

(80) SNEDECOR (G. W.). — *Statistical methods*, Iowa State College Press, 1946.

(81) SNYDER (F. W.). — Effect of gibberellin on germination and early growth of the sugar beet. *J. Amer. Soc. Sugar beet Techn.*, **10**, 394-395, 1959.

(82) SNYDER (F. W.) and WITTWER (S. H.). — Some effects of gibberellin on stem elongation and flowering in sugar beets. *J. Amer. Soc. Sugar beet Techn.*, **10**, 553-561, 1959.

(83) STOUT (M.). — Translocation of the reproductive stimulus in sugar beets. *Bot. Gaz.*, **107**, 86-95, 1945.

(84) STOUT (M.). — Relation of temperature to reproduction in sugar beets. *J. Agric. Res.*, **72**, 49-68, 1946.

(85) STOUT (M.). — Some effects of gibberellic acid on the physiology of sugar beets. *J. Amer. Soc. Sugar beet Techn.*, **10**, 305-310, 1959.

(86) STOUT (M.) and OWEN (F. V.). — Effect of gibberellic acid on rate of bolting of annual beets. *J. Amer. Soc. Sugar beet Techn.*, **10**, 302-304, 1959.

(87) TRANSZCHEL (W.). — The species of the genus *Beta*. *Bull. Appl. Bot.*, **17**, 203-224, 1927.

(88) ULBRICH (E.). — Chenopodiaceae, in ENGLER und PRANTL — Natürlichen Pflanzenfamilien, 2e éd., 16e, 455-480, 1934.

(89) DE VILMORIN (J. L.). — *L'hérédité chez la betterave cultivée.* Gauthiers-Villars, Paris, 1923.

(90) VOSS (J.). — Zur Schossauslösung und Prüfung der Schossneigung von Rübensorten (*B. vulgaris*) und *Brassica napus. Züchter*, **12**, 34-44, 73-77, 1940.

(91) WELLENSIEK (S. J.), DOORENBOS (J.) et ZEEVAART (J. A. D.). — L'action du froid dans le processus de la vernalisation. *Bull. Soc. Franc. Physiol. Végét.*, **2**, 136-144, 1956.

(92) WELLENSIEK (S. J.). VERKERK (K.). — Vernalisatie en Photoperiodiciteit van Bieten. *Mededel. Dir. van de Tuinbouw.*,**13**, 341-357, 1950.

(93) WEST (C. A.) and PHINNEY (B. O.). — Purification and properties of gibberellin-like substances from flowering plants. *Plant Physiol.*, **32**, suppl., XXXII, 1957.

(94) WEST (C. A.) and PHINNEY (B. C.). — Gibberellins from flowering plants. I. Isolation and properties of a gibberellin from *Phaseolus vulgaris* L. *J. Amer. Chem. Soc.*, **81**, 2424-2427, 1959.

(95) WITTWER (S. H.) and BUKOVAC (M. J.). — The effects of gibberellin on economic crops. *Econ. Bot.*, **12**, 213-255, 1958.

(96) ZEEVAART (J. A. D.). — Flower formation as studied by grafting. *Mededel. Landbouwhogeschool Wageningen*, **58**, 1-88, 1958.

(97) ZOSSIMOVITCH (V. P.). — Espèces sauvages et origine des betteraves cultivées. *Sveklovodstvo, V. N. I. S.*, Kiev, **1**, 17-44, 1940.

TABLE DES MATIÈRES DE L'ANNÉE 1960

BERBIGIER (A.). — La dichogamie chez le Seigle. 333

BERNINGER (E.). — Note sur quelques aspects de l'hétérosis 345

HUGLIN (P.). — Causes déterminant les altérations de la floraison de la Vigne .. 351

JONARD (P.). — Étude des caractéristiques physiques du grain de blé tendre .. 237

KERGUELEN (M.). — Aspects des variations de la composition de quelques fourrages en fonction des espèces, des stades de végétation, des conditions de sol et de fertilisation........................... 177

MANSAT (P.). — Au sujet d'un phénomène de fluorescence présenté par les racines de Ray-grass (*Lolium* sp) 339

MARGARA (J.). — Recherches sur le déterminisme de l'élongation et de la floraison dans le genre *Beta* 361

MARGARA (J.) et TOUVIN (H.) — Analyse du comportement en champs d'essais de quelques variétés de betteraves sucrières cultivées en France. II. Essais effectués en 1954, 1955 et 1956 53

MORICE (J.). — La sélection du Colza d'hiver basée sur l'étude des composantes du rendement 85

MORICE (J.). — Hérédité de la couleur des fleurs chez le Colza 155

MOULE (C.). — Maturation de l'amande et échaudage chez l'Avoine cultivée ... 5

PICARD (J.). — Données sur l'amélioration de la Féverole de printemps, *Vicia faba* L.. 121

PICARD (J.) et SIGWALT (C.). — Liaison entre peuplement et rendement en grain chez la Féverole (*Vicia faba* L.) 168

POCHARD (E.), HUET (J.) et VERGARA (S.). — Étude génétique de la résistance à un biotype de rouille noire (*Puccinia graminis* var. *tritici*, race 21). I. Facteurs de résistance portés par les variétés de blé tendre : *G* 80-3, *Célébration*, *Mac Murrachy* et *Nord-Desprez* 61

RIVES (M.). — Sur l'analyse de la variance. I. Emploi de transformations .. 309

TSVETOUKHINE (V.). — Contribution à l'étude des variétés de Topinambour (*Helianthus tuberosus* L.). 275

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 26-6-1961.

Dépôt légal : 2e trim. 1961. *No d'impression : 829.*

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — [illegible]

Dépôt légal : 2e trim. [illegible]. — N° d'impression : [illegible]

ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU GRAIN DE BLÉ TENDRE

PAR

P. JONARD

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

Matériel et méthodes de travail.

Étude des dimensions du grain.

Évolution des trois dimensions au cours de la maturité.
Corrélations entre les dimensions.
Variation et Fluctuation des dimensions.
Rôle des dimensions dans le poids du grain.

Étude de la densité du grain.

Évolution de la densité au cours de la maturité (grain ramené à 9-10 p. 100 d'humidité).

Causes modifiant la densité des grains farineux.

État du péricarpe.
Réaction des grains humidifiés puis séchés.
Rôle de l'humidité du grain.
Action de l'échaudage.

Conclusion.

Résumé.

INTRODUCTION

Les recherches relatives aux caractéristiques physiques du grain de blé ont été surtout développées avant 1940. De nombreux chercheurs étrangers, notamment aux Etats-Unis, se sont penchés sur les problèmes nombreux concernant le grain de blé. En fait, ce sont plutôt les technologistes qui ont été les plus intéressés par certains aspects du grain car, depuis longtemps , ils recherchaient les corrélations pouvant exister entre ceux-ci et la qualité de la farine produite. Il n'est donc pas étonnant qu'ils aient été, en premier lieu, attirés par les caractères leur paraissant les

plus propres à renseigner sur la qualité des protéines ou de l'amidon, c'est-à-dire la densité et le poids du grain. C'est pour cette raison que, dans la bibliographie, les articles relatent surtout les études concernant la densité réelle et ses incidences sur la qualité, laissant de côté les caractères de dimensions. En France, le nombre d'ouvrages consacrés à ces sujets est assez restreint. Parmi eux, il faut citer le travail de PAGNOUL en 1888 dans lequel est donné une étude détaillée sur la densité réelle du grain et sur l'intérêt que peut présenter ce caractère pour mettre en évidence l'action de certains traitements subis par la plante. CHEVALIER en 1957, en se basant sur les fluctuations du poids de mille grains, a établi une relation entre celui-ci et le degré d'échaudage.

Les dimensions du grain, par contre, que ce soit à l'étranger ou en France, ont été peu étudiées, sauf dans quelques cas, comme indication de l'action d'un traitement ou de l'influence du milieu. Par ailleurs, les systématiciens n'ont été que médiocrement intéressés par la longueur ou la largeur qu'ils considéraient, peut-être à tort, comme trop fluctuantes pour être efficacement employées en taxonomie. C'est l'opinion de CLARK, MARTIN et BALL qui cependant accordent à la longueur un certain crédit. Les études de REBISCHUNG et KARSKA semblent pourtant montrer que leur utilisation est possible. Ces auteurs, en combinant le rapport des dimensions avec d'autres caractères du grain ou de la plantule, ont établi une clef dichotomique permettant la reconnaissance d'un certain nombre de variétés françaises.

D'autres caractères, tels que la texture farineuse ou cornée des grains de blé tendre ont attiré l'attention de nombreux auteurs qui ont recherché une corrélation entre ces états et la qualité de la farine.

L'ensemble de toutes les recherches ayant trait aux caractères extérieurs du grain, en relation avec la qualité ou la systématique, ont donné naissance à des publications nombreuses dont il est parfois difficile de tirer des conclusions générales concordantes. Les auteurs, appartenant à des disciplines variées, ont des conceptions souvent différentes de la biologie du blé. Leurs conclusions divergent suivant qu'ils ont recours à des populations ou à des lignées pures, qu'ils ont affaire à des grains échaudés ou non ou encore ayant subi des alimentations diverses.

Mais en dehors des considérations technologiques ou taxonomiques, il est un autre secteur où le grain présente un intérêt certain, c'est celui de la production. En effet, il intervient, par son poids, dans la manifestation de la productivité, dont l'expression phénotypique, le rendement, peut s'exprimer par la formule $R = Te \times Ng \times Pg$ où Te représente le nombre d'épis à l'unité de surface (ou par plante), Ng le nombre de grains par épi (fertilité) et Pg le poids du grain. Le rôle de ce dernier facteur est loin d'être négligeable et, à ce titre, il peut être intéressant de connaître d'une façon plus approfondie ce qui peut le faire varier, en dehors de tout accident climatique ou parasitaire.

Le poids du grain n'est pas une caractéristique simple. Elle peut être décomposée en une série d'éléments dont l'ensemble peut être réuni dans le produit : $P = V \times d$ où V représente le volume et d la densité. Le volume lui-même peut se décomposer en trois variables L (longueur) l (largeur) e (épaisseur) dont le produit, si l'on considère le grain inscrit dans un parallèlépipède : $V = (L \times 1 \times e)$ K rend compte du volume, affecté d'un coefficient correcteur K, tenant compte de la forme du grain. Nous verrons plus loin que ce coefficient paraît être sensiblement le même quelle que soit la variété.

L'étude de ces diverses composantes du volume, du point de vue sélection, peut aussi permettre, ce qui est à espérer, de définir leur intérêt et leurs possibilités d'emploi dans un programme ayant pour objet l'augmentation de la productivité par un accroissement de la grosseur du grain.

Dans une série d'essais nous avons essayé de vérifier, sur les blés français, certains résultats déjà acquis par les auteurs étrangers et de voir comment se comportent les caractères physiques du grain afin d'en préciser leur intérêt soit pour l'agriculteur, soit pour le sélectionneur.

Nous nous bornerons à étudier séparément les deux groupes que l'on peut faire :

le premier relatif aux caractères dimensionnels, le second concernant la densité.

MATÉRIEL ET MÉTHODES DE TRAVAIL

Le matériel végétal utilisé provenait soit de notre collection de variétés de blés tendres, soit des essais comparatifs réalisés dans différentes parties de la France par notre service d'expérimentation. Seules les variétés lignées pures avaient été retenues ; celles qui étaient notoirement peu homogènes avaient été écartées. Dans tous les cas, les manipulations ont porté sur des lots dont les très gros grains (restant au tamis 3.5) et les très petits (passant au tamis 1.8) avaient été éliminés. Parmi ceux qui étaient retenus, seuls les grains farineux, à contours pleins, bien remplis, ont été utilisés pour nos expériences. Ceux présentant un léger échaudage n'ont pas été employés pour mettre en évidence le caractère étudié afin d'éliminer toutes les causes apparentes pouvant masquer les caractéristiques propres de la variété. Chaque lot ainsi constitué renfermait 50 grains pris au hasard ou, pour certaines expériences, un poids déterminé de grains ; chacun des essais comportait 4 répétitions et la mesure des dimensions était faite sur le lot de 50 grains dont le poids était le plus voisin de la moyenne des 4 répétitions.

Avant de procéder aux diverses opérations, les échantillons avaient été entreposés au laboratoire pendant au moins un mois, de façon à régulariser l'humidité de chacun. Après cette conservation à température assez

élevée (20°), la teneur en eau, pour tous les échantillons, était comprise entre 10 et 12 p. 100. Pendant les essais relatifs à la détermination de la densité, la température du laboratoire était maintenue entre 18 et 20°, les mesures faites à des températures de 15 à 20°C n'ayant pas fait apparaître de différences dans les chiffres obtenus pour un même lot.

Pour établir le volume, on utilisait une burette graduée au dixième de centimètre cube ou au vingtième suivant la précision recherchée et l'importance de l'échantillon à analyser.

Le liquide utilisé, devant être un mouillant presque parfait, nous avons eu recours à l'alcool absolu ou au toluène. Les deux produits, dans un essai préliminaire, n'ont pas révélé de différences significatives comme le montrent les chiffres suivants :

Variétés	Origines	Densités établies à partir :	
		de l'alcool	du toluène
Cappelle	Loire	1,31	1,32
Étoile de Choisy	Indre-et-Loire	1,29	1,30
— —	Nord	1,28	1,28
Gilma	Eure-et-Loir	1,35	1,36
—	Aube	1,34	1,33
—	Beauce	1,31	1,31
Heurtebise	Seine-et-Oise	1,35	1,35
—	Aube	1,29	1,30
Coutiches	Nord	1,31	1,31
Marne	Seine-et-Oise	1,29	1,30
	Moyennes	1,312	1,316

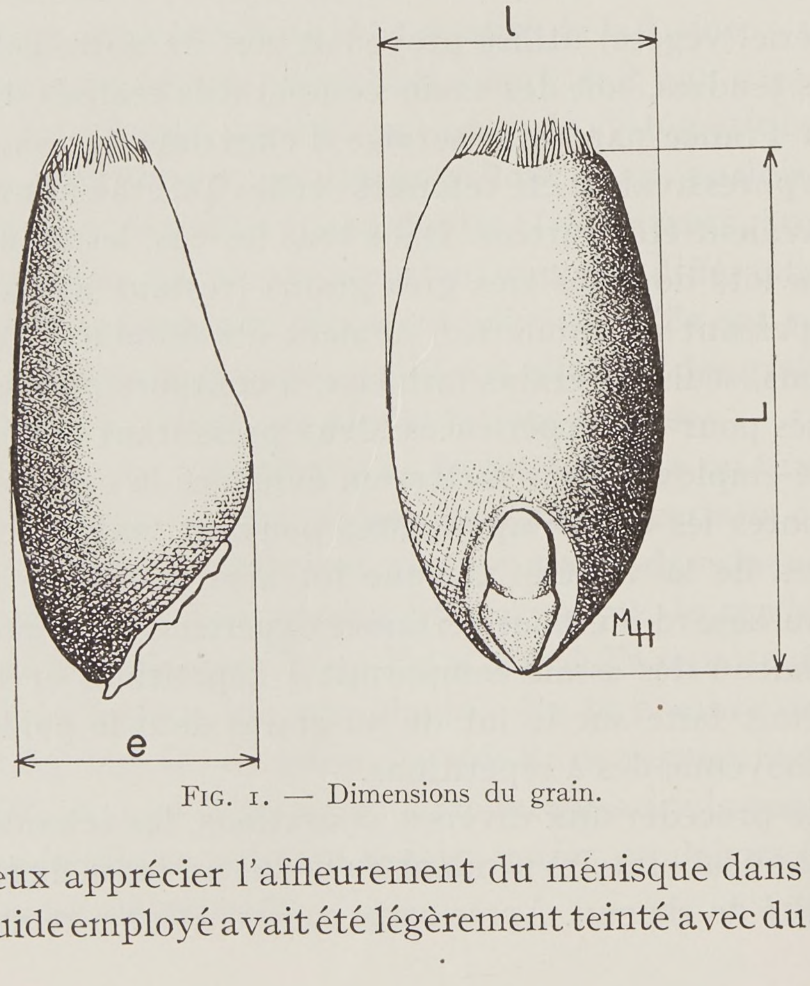


FIG. 1. — Dimensions du grain.

Pour mieux apprécier l'affleurement du ménisque dans la lecture du volume, le liquide employé avait été légèrement teinté avec du violet cristal.

La mesure des dimensions avait été prise comme l'indique la figure 1. Pour l'appréciation de leurs valeurs, nous avons utilisé un pied à coulisse permettant d'obtenir des chiffres exacts au dixième de millimètre. Pour diminuer la durée des opérations, un seul échantillon de 50 grains était mesuré par variété. Pour vérifier la valeur du chiffre obtenu, nous avons procédé, pour quelques lots, à plusieurs mesures d'échantillonnages différents. Les chiffres obtenus sont très voisins comme le montre le tableau I.

TABLEAU I

Fidélité des mesures de dimensions
(*en millimètres*)

	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Moyenne générale
		Vilmorin 53		
Longueur.......	6,07 ± 0,042	6,19 ± 0,049	6,11 ± 0,044	6,12 ± 0,034
Largeur........	3,50 ± 0,026	3,50 ± 0,027	3,48 ± 0,022	3,49 ± 0,007
Épaisseur.......	2,90 ± 0,019	2,94 ± 0,017	2,92 ± 0,022	2,92 ± 0,011
		Cappelle		
Longueur.......	6,50 ± 0,045	6,58 ± 0,038	6,59 ± 0,030	6,55 ± 0,025
Largeur........	3,75 ± 0,027	3,76 ± 0,024	3,74 ± 0,026	3,75 ± 0,005
Épaisseur.......	3,01 ± 0,019	3,04 ± 0,025	3,02 ± 0,025	3,02 ± 0,009

Les chiffres individuels ne diffèrent pas significativement de la moyenne générale et les valeurs extrêmes (6,07 — 6.19) et (6.50 — 6.59) ne sont pas significativement différentes. Il en est de même pour les deux autres dimensions. Ces constatations nous permettent de considérer comme représentative du lot analysé, la moyenne établie à partir de 50 grains tirés au hasard dans ce lot. Par ailleurs, la moyenne de chaque lot est affectée d'un écart type très faible de l'ordre de 0,6 — 0,8 p. 100(longueur) ce qui donne une précision très satisfaisante des mesures.

ÉTUDES DES DIMENSIONS DU GRAIN

Comme nous l'avons déjà souligné dans l'introduction, les renseignements concernant les dimensions du grain de blé tendre sont peu nombreux et, en général, dispersés dans des publications traitant d'un autre sujet. C'est ainsi que CLARK, MARTIN et BALL dans leur ouvrage « Classification of american wheat varieties » signalent, sans insister et sans donner de chiffres, que la longueur est le meilleur caractère dimensionnel du grain qui peut, à la rigueur, intervenir en taxonomie. Quelques systématiciens l'ont utilisé, en particulier KORNICKE et WERNER, HEUZE ; REBISCHUNG et Mlle KARSKA emploient le rapport des dimensions pour établir des classes. En fait, la seule utilisation valable est la séparation des

grains en catégories, avec des définitions assez imprécises telles que long, moyen, court, gros, petit ; ces qualificatifs ne peuvent que servir d'appoint dans les cas extrêmes. D'autres auteurs ont recherché les corrélations pouvant exister entre les caractéristiques du grain et d'autres caractères ; c'est ainsi que P. S. LAMBA trouve une corrélation positive entre la longueur du grain et celle des glumelles et absence de corrélation entre son épaisseur et la profondeur des glumelles. PERCIVAL, dans son ouvrage « The Wheat plant » ne s'intéresse qu'à l'évolution des dimensions du grain vert, mais ne recherche pas s'il existe des différences dans le comportement des variétés. En outre, les grains jeunes, gorgés d'eau, se prêtent difficilement à des mesures précises, ce qui peut amener des interprétations parfois fausses.

Nous avons pensé qu'une telle étude pouvait présenter de l'intérêt non seulement sur le plan systématique, mais aussi sur celui de la réaction des variétés à certains facteurs du climat ou du sol. Enfin, il est intéressant de connaître si, parmi les trois dimensions du grain, il en est une qui, du point de vue sélection, montre un intérêt particulier.

Évolution des trois dimensions au cours de la maturité du grain

Avant d'entreprendre ce travail, nous avons voulu nous rendre compte de la façon dont évoluaient la longueur, la largeur et l'épaisseur au cours de la formation du grain. Pour cela, nous avons eu recours à des grains, préalablement desséchés à l'étuve, qui ont été gardés pendant 6 mois au laboratoire, en sachet ou en tube à l'air libre afin de leur faire reprendre une humidité voisine de celle du laboratoire. Sans obtenir des humidités identiques, les grains étuvés, conservés dans ces conditions présentaient des teneurs en eau comprises entre 9 et 11 p. 100 pour tous les prélèvements. Nous avons procédé de cette manière en vue d'éliminer le facteur « teneur en eau » qui varie beaucoup au cours de la maturation du grain et qui est trop soumis soit à l'hygrométrie de l'air, soit à la pluviosité. D'autre part, il est plus difficile d'apprécier avec précision au pied à coulisse, les dimensions des grains verts qui sont trop élastiques.

Les variétés qui ont servi à ces recherches sont : *Étoile de Choisy* et *Cappelle*, très différentes du point de vue développement, la première étant plus précoce et mûrissant environ 10 à 12 jours avant la seconde. Le semis avait été fait à la même date pour les deux blés ; 22 octobre, à raison de 125 plantes au mètre carré sur un sol ayant été occupé, l'année précédente, par de la luzerne.

Les résultats obtenus ont permis d'établir les graphiques donnés dans la figure 2.

L'examen de ces courbes suscite une première observation : la longueur évolue d'une façon différente de celle des deux autres dimensions.

Sa valeur définitive est acquise très tôt, 20 à 23 jours après la floraison, qui est fixée lorsque 50 p. 100 des sacs polliniques sont extérieurement apparents ; CLARK avait déjà signalé que le maximum de longueur était déjà atteint plusieurs jours avant la maturité, sans indiquer le nombre de jours. En fait, ce nombre est intéressant à connaître puisque le grain atteint sa longueur définitive 20 jours avant la maturité c'est-à-dire, pour une durée totale de la période « floraison-maturité » de 43 jours environ, à la moitié de cette période. Par ailleurs, en se reportant aux travaux de H. GESLIN et P. JONARD, dans lesquels a été définie la présence d'uu « palier d'eau » constant dont le début se produit 24 à 27 jours après la

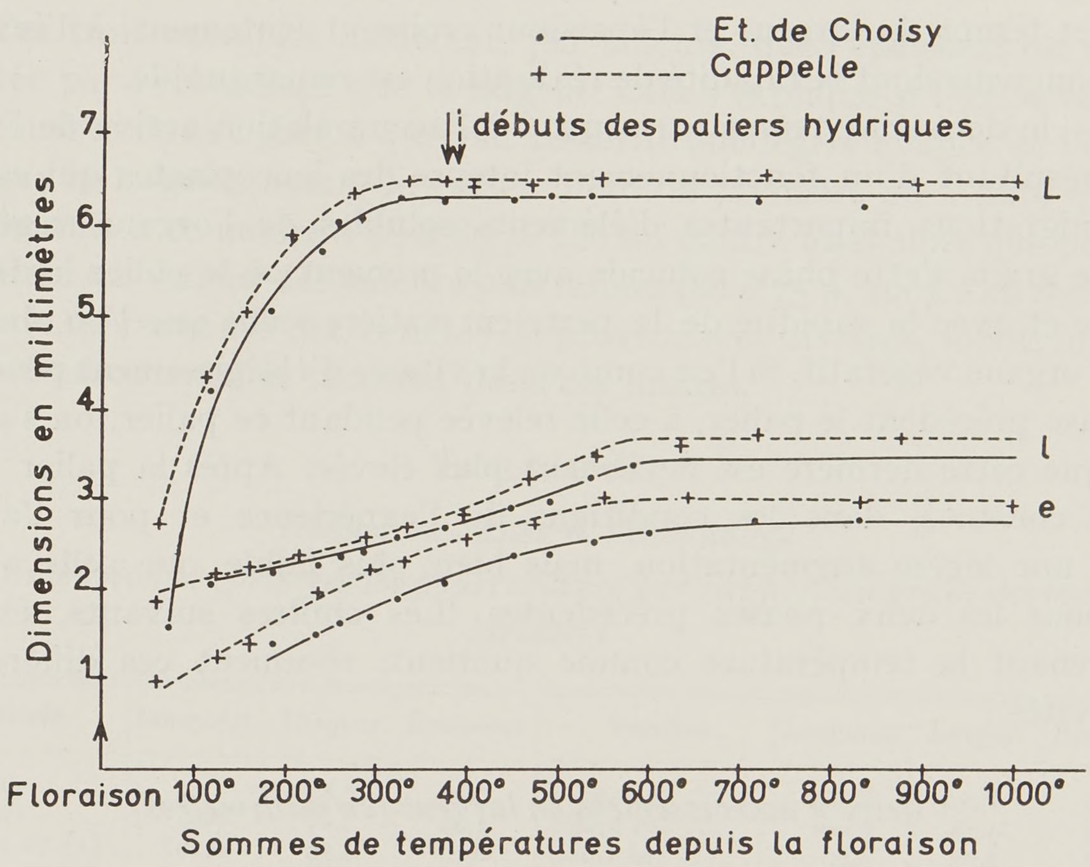


FIG. 2. — Évolution des dimensions du grain au cours de sa formation.

floraison, on constate que le grain a atteint sa longueur définitive quelques jours avant ce palier qui se situe 20 à 25 jours après la floraison.

L'allure de la courbe relative à la largeur est très différente. Au début l'accroissement est lent et au moment où commence le palier d'eau, la largeur représente 75 p. 100 environ de la valeur finale à maturité pour *Étoile de Choisy* et 68 p. 100 pour *Cappelle*. Puis, à partir de cet instant, l'augmentation devient plus rapide et ceci pendant toute la durée du palier à la fin duquel la largeur finale est presque atteinte.

L'épaisseur montre une courbe de croissance presque continue qui paraît s'interrompre plus tard que celle de la largeur. Au moment où débute le palier, l'épaisseur représente 80 p. 100 du chiffre observé à maturité pour *Étoile de Choisy* et 76 p. 100 pour *Cappelle*.

Le développement du grain, en ce qui concerne les dimensions, semble donc se réaliser en deux temps :

— le premier qui correspond à la formation rapide des enveloppes du grain. Pendant cette phase, l'activité photosynthétique de la plante est encore importante. Il y a accumulation de matière sèche dans la plante, matière sèche qui s'accroît encore après la floraison, malgré le commencement d'absorption, par le grain, encore peu importante. La quantité formée par l'organe végétatif passe par un maximum qui correspond à quelques jours près au début du palier hydrique. A ce moment le grain a acquis sa longueur définitive. Après, on constate une perte de matière sèche pour la tige, les feuilles et les diverses pièces florales. Pendant ce premier temps, la largeur et l'épaisseur croissent lentement, à l'inverse de la longueur dont la rapidité de réalisation est remarquable.

— le deuxième temps correspond à l'accumulation active de l'amidon, résultant d'un fonctionnement intense des leucoplastes qui est dû aux migrations importantes d'éléments solubles de l'organe végétatif vers le grain. Cette phase coïncide avec le moment où le palier hydrique débute et avec la rapidité de la perte en matière sèche que l'on observe chez l'organe végétatif. Si l'on compare la vitesse d'élargissement pendant la phase précédent le palier, à celle relevée pendant ce palier, on s'aperçoit que cette dernière est nettement plus élevée. Après la palier nous avons constaté, dans les conditions de l'expérience et pour l'année 1959, une légère augmentation, mais bien plus faible que celle observée pour les deux phases précédentes. Les chiffres suivants, établis en prenant la température comme quotient, résument ces différences d'activités :

Vitesse d'accroissement en largeur (en millimètres)

	Cappelle	Valeurs relatives	Étoile de Choisy	Valeurs relatives
	—	—	—	—
		%		%
Avant le palier	0,00238	100	0,00219	100
Pendant le palier	0,00429	180	0,00324	147
Après le palier	0,00140	58	0,00155	70

La durée du palier correspond donc à une phase très active d'élargissement du grain. Ces observations se vérifient lorsqu'un lot présente, en mélange, des grains farineux et des grains échaudés par « coups de chaleur ». La longueur n'est pas modifiée alors que la largeur et l'épaisseur se trouvent réduites dans des proportions variables suivant l'intensité d'action de la température et le moment où se produit le coup de chaleur. Les chiffres suivants montrent quelles valeurs peut atteindre cette réduction.

	Longueur en mm,	Largeur en mm,	Épaisseur en mm
Pilote			
Normaux (témoins)	6,02 ± 0,042	3,56 ± 0,022	3,12 ± 0,017
Échaudés	6,06 ± 0,038	2,56 ± 0,028	2,61 ± 0,027
Valeurs relatives........	100,6	71,9	83,6
Vilmorin 27			
Normaux (témoins)	6,34 ± 0,041	3,53 ± 0,022	2,99 ± 0,020
Échaudés	6,29 ± 0,044	3,05 ± 0,066	2,79 ± 0,041
Valeurs relatives........	99,2	86,4	93,3
Coutiches			
Normeaux (témoins)	6,58 ± 0,034	3,44 ± 0,020	3,60 ± 0,067
Échaudés	6,61 ± 0,042	2,98 ± 0,040	2,74 ± 0,027
Valeurs relatives.......	100,4	86,6	91,3

Ces trois exemples montrent, par ailleurs, que l'épaisseur est moins affectée par l'échaudage que la largeur. Cela s'explique si l'on se reporte aux courbes de la figure 2 qui font ressortir une légère avance de l'épaisseur sur la largeur, avant le palier. Pour la première on a noté qu'elle représentait à ce moment 76 à 80 p. 100 du chiffre final alors que pour la deuxième on obtient des valeurs plus faibles (68 à 75 p. 100). Les résultats suivants, portant sur dix variétés de provenances diverses, montrent que les chiffres obtenus se tiennent dans ces limites.

TABLEAU II

Réductions dues à l'échaudage

Dimensions exprimées en pourcentages par rapport au grain normal farineux

Variétés	Longueur	Largeur	Épaisseur	Variétés	Longueur	Largeur	Épaisseur
Gilma (1)	99	68,3	79,9	Pilote (2)	101,8	90,1	93,8
Gilma (2)	99,7	76,2	86,7	Pilote (3)	100,3	80,9	90,2
Vilmorin 27 (1) .	101,6	93,4	97,0	Coutiches (1) ...	98,9	67,6	78,2
Vilmorin 27 (2) .	99,2	86,4	93,3	Coutiches (2) ...	100,4	86,6	91,3
Pilote (1)......	100,6	71,9	83,6	Vilmorin 53.....	99,3	73,0	84,2

Si l'on admet que l'échaudage physiologique n'est possible que pendant les 10-12 jours pendant lesquels se réalise le palier d'eau, cela vérifie les observations précédentes, à savoir que la longueur définitive du grain est déterminée avant le début de celui-ci.

Corrélations entre les dimensions

Les causes en jeu déterminant les trois dimensions apparaissent, à la lumière de ces observations, différentes, tout au moins celles régissant la longueur. Il ne doit donc pas exister de corrélation significative entre celle-ci et les deux autres dimensions. Pour vérifier cette hypothèse, quinze variétés, ayant chacune des origines différentes, ont été mesurées

en vue de voir s'il existait une liaison entre la largeur et la longueur. Parmi les observations faites à ce sujet, nous extrayons celles qui sont relatives aux deux blés les plus répandus, *Cappelle* et *Étoile de Choisy*. Pour ces deux variétés, nous avons pu réunir un nombre de résultats suffisants à partir de provenances très diverses et établir aussi les données de la figure 3.

Il n'existe pas de corrélation significative, pour une variété, entre la largeur et la longueur et cela pour des provenances très diverses allant,

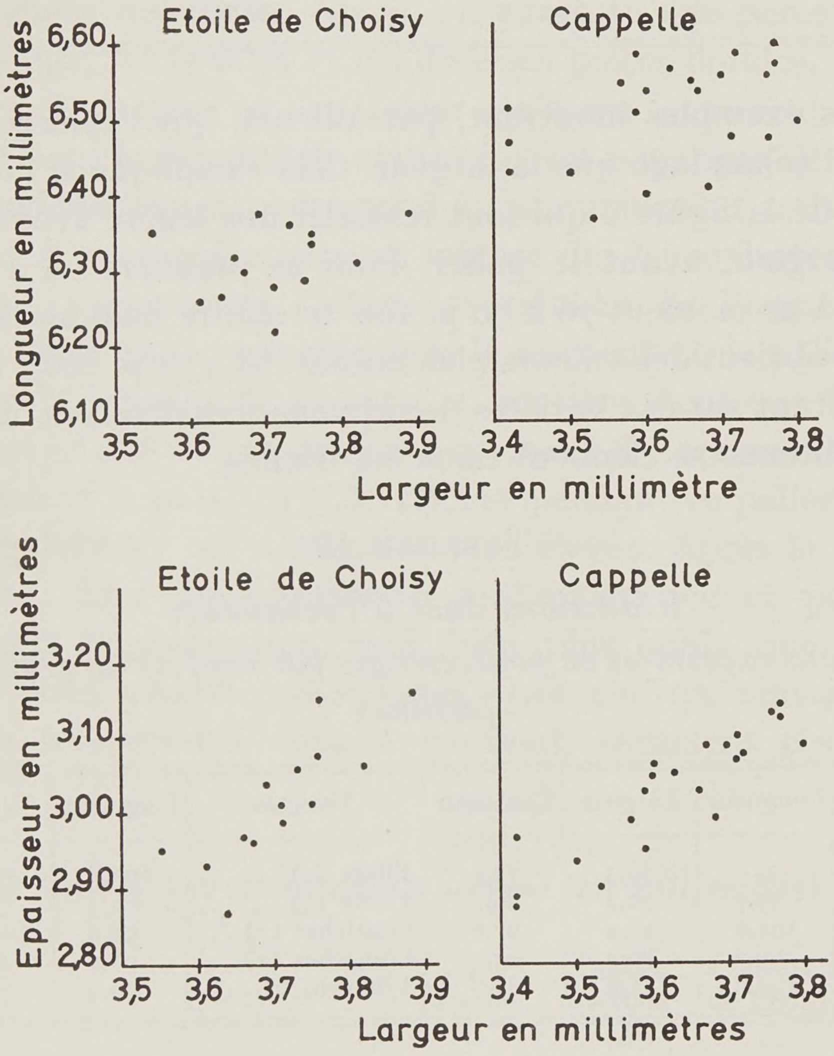


FIG. 3. — Corrélations entre les dimensions.

pour *Étoile de Choisy*, du sud au nord de la France. Cela indique déjà que la longueur fluctue moins que la largeur, ce que nous verrons plus en détail ci-après.

En ce qui concerne les deux autres dimensions, il existe une corrélation hautement significative ; cela revient à dire que toute action modifiant l'une agit également sur l'autre. La figure 3 montre cette présence de corrélation.

Cette absence, ou cette présence, de corrélation, mises en évidence dans le cas de la variété et qui indiquent en particulier une différence, ou une identité, de réactions aux conditions de milieu, se retrouvent sur le

plan « groupe de variétés ». En effet si l'on établit, pour une trentaine de blés d'origines génétiques et nationales diverses (blés américains, italiens, suédois, allemands) les mêmes systèmes de corrélation, on constate que ce qui était valable à l'échelon variété l'est aussi à l'échelon groupe de variétés. L'absence de corrélation entre la longueur et la largeur se vérifie et la présence de corrélation entre épaisseur et largeur se retrouve, mais avec un degré moindre de signification. On peut déduire de ces différentes considérations que des trois dimensions, la longueur est celle qui réalise son expression définitive le plus rapidement, ce qui la met à l'abri des actions futures du milieu, alors que les deux autres fluctuent davantage parce que le milieu a plus longtemps prise sur elles.

Variation et fluctuation des dimensions

Pour pouvoir utiliser d'une façon rationnelle les dimensions du grain soit en sélection, soit en taxonomie, il est indispensable de connaître leur amplitude de variation et de fluctuation. Il est évident que tout caractère dimensionnel ne possédant pas une variation étendue perd de son intérêt. Une étude portant sur de nombreuses variétés, de provenances variées, a donc été entreprise pendant 3 ans (1957-1958-1959) en vue de préciser les limites dans lesquelles évoluaient les dimensions du grain de blé tendre.

Toutes les notations ont été faites sur des grains farineux, normalement constitués, à l'exclusion de ceux qui présentaient la moindre trace d'échaudage. Les lots provenaient des champs d'essais du réseau expérimental extérieur contrôlé par la station. Les densités de semis variaient de 200 à 300 plantes au m², mais la majorité étant comprise entre 200 et 250 plantes. Pour *Étoile de Choisy*, des provenances méridionales ont été intégrées dans les calculs. Dans le tableau 3, nous donnons les moyennes

TABLEAU III

Moyennes des trois dimensions (en millimètres) et indices de fluctuation

	Longueur	Indice de fluctuation	Largeur	Indice de fluctuation	Épaisseur	Indice de fluctuation
Étoile de Choisy	6,30 ± 0,011	0,69 %	3,67 ± 0,033	3,54 %	2,99 ± 0,024	3,21 %
Cappelle	6,51 ± 0,014	0,98 %	3,63 ± 0,024	3,09 %	3,03 ± 0,016	2,43 %
Vilmorin 27...	6,52 ± 0,020	1,20 %	3,59 ± 0,035	3,88 %	3,04 ± 0,018	2,36 %
Marne	6,78 ± 0,038	1,66 %	3,66 ± 0,041	3,53 %	3,15 ± 0,027	2,68 %
Maître Pierre..	6,18 ± 0,018	0,91 %	3,74 ± 0,028	2,43 %	3,15 ± 0,027	2,68 %
Pilote	6,09 ± 0,021	1,02 %	3,58 ± 0,028	2,22 %	3,19 ± 0,019	2,55 %
Elite.	6,03 ± 0,028	1,38 %	3,54 ± 0,033	2,79 %	2,96 ± 0,028	2,72 %
Coutiches	6,62 ± 0,024	0,95 %	3,42 ± 0,020	1,54 %	2,93 ± 0,022	1,98 %
Gilma	6,00 ± 0,037	1,61 %	3,53 ± 0,063	4,70 %	3,12 ± 0,045	3,80 %
Aisne	6,27 ± 0,023	0,88 %	3,71 ± 0,050	3,28 %	3,05 ± 0,033	2,64 %
Alba	5,92 ± 0,044	1,62 %	3,67 ± 0,088	5,23 %	3,07 ± 0,041	2,99 %

obtenues pour les divers lots, ainsi que l'indice de fluctuation obtenu à partir du rapport $\frac{\sqrt{\text{variance}}}{\text{moyenne}} \times 100$.

Si nous calculons, à partir de la même formule, l'indice de variation, pour les onze variétés du tableau 3, on obtient les chiffres suivant :

Longueur : 4,43,
Largeur : 2,54,
Épaisseur : 2,74.

On constate que la longueur présente une variation plus importante que celle des deux autres dimensions. Si l'on envisage maintenant l'amplitude de variation, représentée par la différence entre les extrêmes, exprimée en pourcentages, on obtient pour la longueur 14,5 p. 100, pour la largeur 9,3 p. 100 et l'épaisseur 8,8 p. 100. On peut objecter que nous avons affaire à des blés qui, en majorité, ont une origine génétique analogue. Pour vérifier si ces observations étaient exactes, nous avons, pour 17 variétés de la collection comprenant des blés français, canadiens, américains, suédois, italiens, calculé les indices de variation et nous avons obtenu des valeurs légèrement plus élevées que dans le cas précédent, mais dans le même sens comme le montrent les chiffres suivants :

Longueur : 5,61 p. 100.
Largeur : 3,37 p. 100.
Épaisseur : 3,24 p. 100.

La valeur de l'amplitude de variation, pour les trois dimensions s'établissent comme il suit :

Longueur 22,2 p. 100, avec comme dimensions extrêmes 6,83 te 5,59.
Largeur 12,2 p. 100, avec comme dimensions extrêmes 3,76 et 3,35
Épaisseur 12,9 %, avec comme dimensions extrêmes 2,94 et 3,32.

La longueur est donc la caractéristique la plus variable, la largeur et l'épaisseur étant sensiblement de même ordre.

Cependant, une variabilité étendue n'a d'intérêt que dans la mesure où la fluctuation n'est pas trop forte. L'influence du milieu (climat et sol) doit être la plus réduite possible pour conférer au caractère une valeur systématique. En se reportant au tableau 3, dans lequel figurent les indices de fluctuation de onze variétés, on peut observer que les chiffres faibles correspondent à la longueur, pour laquelle la fluctuation est, en moyenne, de 2 à 3 fois moins forte que celle de la largeur. Cette dernière fluctue plus que l'épaisseur et apparaît donc comme la dimension la plus vulnérable à l'action du milieu.

Si, pour *Cappelle*, l'on prend les chiffres extrêmes relevés pour les provenances diverses, on obtient des amplitudes de fluctuation qui se répartissent ainsi :

Longueur : 6,41 à 6,60, soit une amplitude de 2,9 p. 100

Largeur : 3,42 à 3,80, soit une amplitude de 11,1 p. 100
Épaisseur : 2,90 à 3.14, soit une amplitude de 8,2 p. 100.

Avec *Étoile de Choisy* on obtient respectivement : 2 p. 100, 15 p. 100 et 12 p. 100. Les résultats obtenus avec les autres variétés sont dans le même sens, l'amplitude de fluctuation pour la longueur n'excédant jamais 4 p. 100, alors que pour la largeur elle ne descend jamais en dessous de 8 p. 100.

Ces fluctuations ont pour origine des causes diverses. En ce qui concerne la longueur, le peuplement à l'unité de surface agit d'une façon marquée. En s'adressant toujours aux grains farineux normaux, on observe une réduction de la longueur lorsque la densité de semis passe par exemple de 120 à 200 plantes au mètre carré. Cette diminution est de l'ordre de 2,8 p. 100 pour *Étoile de Choisy* et 2,1 p. 100 *pour Cappelle.* Ces taux sont sensiblement analogues à ceux enregistrés précédemment et correspondent presque à l'amplitude de fluctuation observée pour ces deux variétés. Donc, une modification de technique culturale permet presque d'expliquer la fluctuation de cette dimension. Cela peut tenir au fait que pour les faibles densités, la quantité d'éléments nutritifs mis à la disposition du grain est plus élevée que dans celui des densités fortes. Il n'est pas invraisemblable de penser que la longueur doit être plus influencée par des modifications de richesse du sol que par des changements climatiques, ceci en restant toujours sur le plan « grains farineux ». Il serait intéressant d'étudier le rôle de la fumure azotée, notamment, sur la réalisation de la longueur. Nous n'avons pu malheureusement entreprendre une telle étude. Nous nous proposons, dans l'avenir, de combler cette lacune.

Le caractère largeur est aussi modifié par les variations de peuplement qui amènent des fluctuations relativement faibles. On relève, pour *Cappelle*, une réduction de la largeur de l'ordre de 2,6 p. 100 lorsque le semis passe de 120 à 200 plantes au mètre carré et de 3,7 p. 100 pour *Étoile de Choisy*. Or, pour ces deux variétés, l'écart constaté suivant les provenances entre les extrêmes est de 11 p. 100 pour le premier blé et 15 p. 100 pour le second : on peut donc penser que le peuplement sans être négligeable, est moins important que le climat, lorsque l'on reste dans les limites de densités normales de semis. Ceci demanderait à être confirmé.

L'épaisseur a un comportement voisin de celui de la largeur, mais avec des réactions légèrement plus faibles. Étant donné la similitude de comportement de la largeur et de l'épaisseur, nous ne porterons notre attention, dans la suite de l'exposé, que sur la première dimension.

On peut donc penser que la largeur, pas ses fluctuations, rend compte dans une certaine mesure, en l'absence d'échaudage ou de maladies, de la réaction variétale aux conditions de milieu. Pour essayer de la mettre en évidence, nous avons considéré, pour le secteur d'expérimentation incom-

bant à Versailles, deux zones établies suivant la figure 4, la zone I comprenant les départements du Nord, Oise, Somme, Pas-de-Calais, Eure et Calvados et la zone II formée des départements de Seine-et-Oise, Seine-et-Marne, Eure-et-Loir, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Loiret et Yonne.

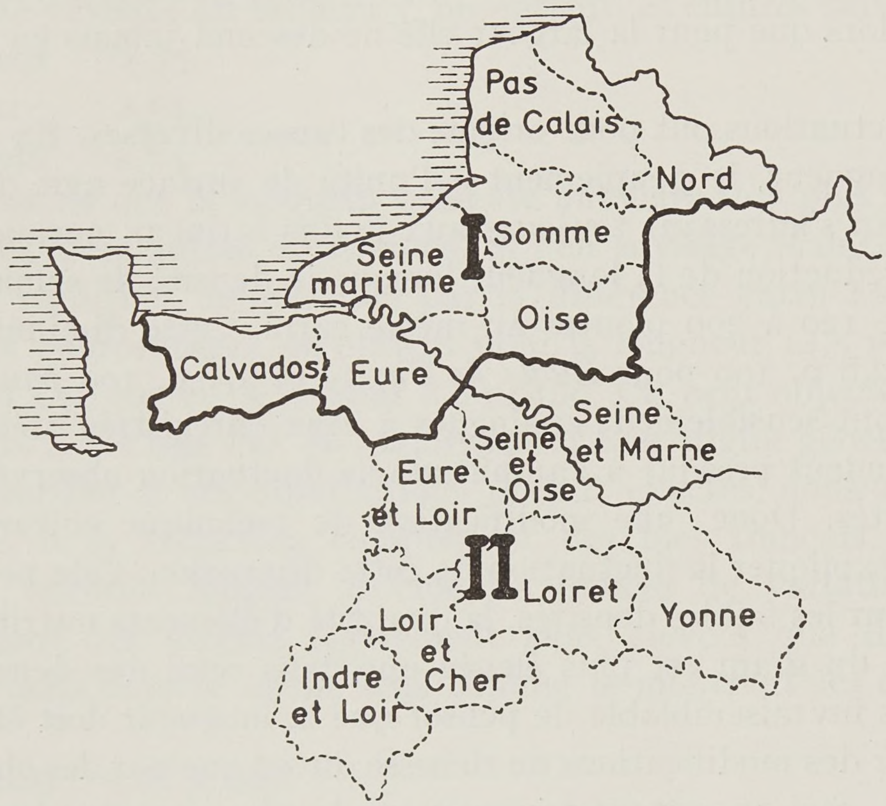


FIG. 4. — Zones du secteur d'expérimentation.

Nous avons, pour les mêmes variétés figurant dans chaque zone, pour trois ans, établi une moyenne générale de la largeur du grain. Nous avons ajouté la valeur moyenne du poids de 50 grains pour montrer le sens des fluctuations de poids. Les chiffres ainsi obtenus sont consignés dans le tableau 4.

TABLEAU IV

Action du milieu sur la largeur et le poids du grain
Largeurs moyennes et poids moyens de 50 grains

Variétés	Zone I		Zone II	
	Largeur	Poids	Largeur	Poids
Cappelle	3,70 ± 0,030	2,56 ± 0,038	3,54 ± 0,032	2,32 ± 0,044
Vilmorin 27	3,73 ± 0,022	2,56 ± 0,027	3,54 ± 0,028	2,30 ± 0,037
Élite	3,64 ± 0,018	2,24 ± 0,014	3,47 ± 0,041	2,06 ± 0,030
Maître Pierre	3,77 ± 0,029	2,46 ± 0,018	3,69 ± 0,050	2,34 ± 0,074
Pilote	3,58 ± 0,036	2,44 ± 0,060	3,58 ± 0,050	2,37 ± 0,070

En dehors de *Cappelle* et de *Vilmorin 27*, le nombre de répétitions n'est pas assez élevé pour faire ressortir avec certitude une action diffé-

rentielle du climat. Cependant, les chiffres donnés au tableau 4, ainsi que d'autres que nous n'avons pas fait figurer, indiquent une tendance générale montrant que les variétés ne réagissent pas toutes de la même manière.

Les différences observées pour *Cappelle, Vilmorin 27, Elite,* pour la largeur ou le poids, sont significatives au seuil de P = 0,02 ou 0,01. Pour *Maître-Pierre* et *Pilote,* les écarts ne sont pas significatifs. Il est à noter que la zone I est celle où la pluviométrie est la plus élevée du secteur d'expérimentation ; elle est en effet supérieure, pour l'année, à 800 mm alors que pour la zone II elle est en moyenne inférieure à 700 mm. Cette action climatique peut s'expliquer soit par une action directe sur le grain, soit par un effet indirect en corrélation avec une diminution de fertilité, ou de tallage, ayant pour conséquence une compensation, par le poids, de cette réduction de nombre. Comme dans tous les cas la longueur n'est pas modifiée significativement (*Cappelle* : zone I, L = 6,51 ; zone II = 6,49 — *Maître Pierre* : zone I = 6,18 ; zone II = 6,20), quelle que soit la cause initiale, cela indique que la « largeur » de certains blés est sensible aux variations du milieu. On peut aussi remarquer que le poids du grain suit les mêmes fluctuations, ce qui amène à penser que c'est cette dimension qui joue le rôle le plus important dans les différences de poids constatées de zone à zone. On voit également que la fluctuation de largeur à l'intérieur d'une zone est relativement réduite. Pour *Cappelle* par exemple, le rapport $\frac{100\,\sigma}{\text{moy.}}$ = 2,4 p. 100 (zone I) et 2,8 p. 100 (zone II). *Vilmorin* 27 donne les valeurs suivantes : 1.7 p. 100 (zone I) et 2,4 p. 100 (zone II). Il y a donc peu d'écart entre les largeurs relevées pour une même zone. L'épaisseur varie de la même façon, mais avec un amortissement qui rend les différences souvent non significatives.

Ces résultats globaux statistiques demanderaient une étude plus approfondie qui permettrait de préciser, en éliminant les facteurs fertilité de l'épi, importance du tallage, date de semis etc..., le comportement exact de la largeur dont la tendance n'est qu'indiquée par les chiffres que nous avons donné au tableau 4.

Si, maintenant, nous nous plaçons du point de vue systématique, il est évident que la longueur apparaît comme le caractère le plus utilisable. En partant de 40 variétés, on peut établir une classification chiffrée, permettant de définir des grands groupes qui pourraient être les suivants :

1° grains ayant une longueur supérieure à 6,7 mm : type *Marne* ;

2° grains dont la longueur est comprise entre 6,50 mm et 6,65 mm : type *Cappelle* ;

3° grains ayant une longueur comprise entre 6,20 mm et 6,40 mm : type *Étoile de Choisy* ;

4° grains dont la longueur est inférieure à 6,20 mm : type *Élite Lepeuple.*

Ces dimensions s'entendent à partir de peuplements normaux de culture variant de 200 à 250 plantes au mètre carré. Pour des densités de pépinière, il est certain que la valeur des catégories doit être augmentée d'environ 5 p. 100.

Toujours en nous plaçant sur le plan systématique, nous avons voulu nous rendre compte si, en comparant le volume réel du grain à celui qu'on obtient en combinant les trois dimensions, on peut déterminer un coefficient rendant compte de la forme plus ou moins effilée du grain. Pour établir ce volume théorique nous avons considéré le grain comme étant inscrit dans un cylindre dont la hauteur correspond à la longueur et dont le cercle de base aurait pour diamètre la moyenne de la largeur et de l'épaisseur. Le volume théorique s'exprimerait donc par la formule $\pi \frac{(l+e)^2}{4} \times L$. Si le grain était un cylindre parfait, le rapport du volume réel au volume théorique serait égal à 1. Les valeurs de plus en plus faibles rendraient compte de l'importance du volume non occupé donc de la forme plus ou moins effilée du grain. Or, l'analyse de plusieurs variétés, ayant apparemment des formes différentes, fait apparaître un cœfficient sensiblement identique, se situant aux environs de 0,65, avec des valeurs extrêmes comprises entre 0,62 et 0,70 pour une même variété et de 0,64 à 0,66 pour la moyenne concernant quinze variétés.

Maître Pierre

1957		1958	
Oise	0,69	Oise	0,64
Nord	0,66	Nord	0,66
Seine Maritime	0,66	Seine Maritime	0,65
Indre-et-Loire	0,61	Loiret	0,61
Pas de Calais	0,61	Loiret	0,63

Cappelle

1957		1958		1959	
Eure-et-Loir	0,65	Eure-et-Loir	0,65	Eure-et-Loir	0,66
Nord	0,65	Nord	0,65	Nord	0,69
Eure	0,62	Indre-et-Loire	0,70	Eure	0,69
Seine-et-Oise	0,63	Seine-et-Oise	0,68	Seine-Maritime	0,70
Oise	0,66	Calvados	0,70	Oise	0,67

Pour un ensemble de variétés les coefficients obtenus se chiffrent ainsi :

Étoile de Choisy	0,64	Leap	0,64
Coutiches	0,65	Redman	0,65
Marne	0,67	Coronation	0,64
Pilote	0,66	Progress	0,65
Maître Pierre	0,63	Kota	0,65
Cappelle	0,66	Westar	0,66
Vilmorin 27	0,64	Funo	0,69
Élite	0,65	Sveno	0,64

S'il existe une variation, elle est très faible et se trouve largement recouverte par l'amplitude de fluctuation. En effet, l'indice de variation pour les 16 variétés mentionnées est de 2,4 p. 100 alors que pour *Cappelle* par exemple, l'indice de fluctuation est de 4 p. 100. On ne peut donc espérer utiliser avec profit ce coefficient en taxonomie.

Cette étude de dimensions se montre un peu décevante pour le systématicien, les caractères pouvant être utilisés étant réduits à la longueur, ce qui ne permet pas d'établir une dichotomie suffisante pour arriver à définir des petits groupes de variétés. Cependant cela peut servir de caractère d'appoint dans les cas extrêmes.

Rôle des dimensions dans le poids du grain

Il est maintenant intéressant de voir comment le poids du grain est influencé par ses dimensions. Comme nous l'avons fait précédemment, nous ne ferons appel qu'aux grains farineux normalement constitués. De ce fait nous supprimons les actions climatiques ou parasitaires, causes importantes de fluctuation du poids de mille grains.

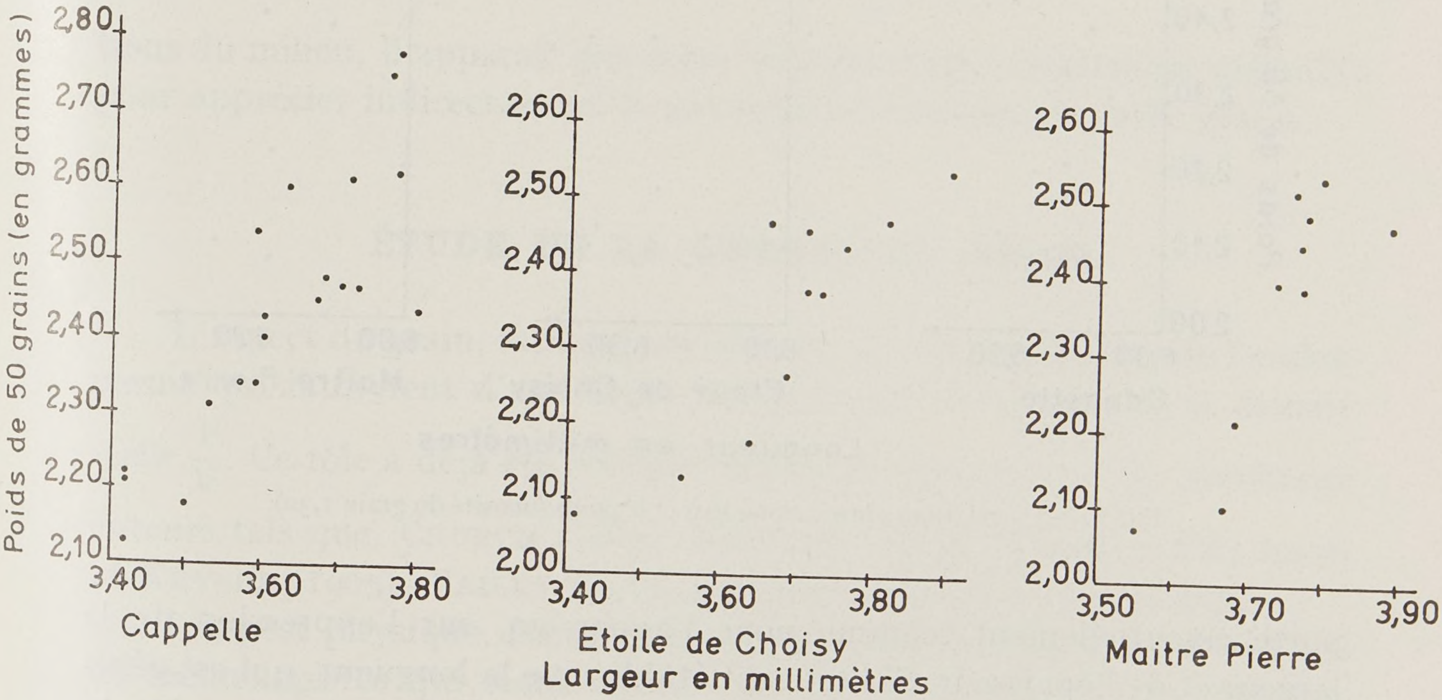


FIG. 5. — Corrélations entre la largeur et le poids (densité du grain 1,30).

Pour une même variété, avec des lots de provenances variées, nous avons étudié la corrélation existant entre les deux dimensions les plus typiques, longueur et largeur, et le poids du grain. Il existe pour une variété donnée une corrélation très significative entre le poids et la largeur du grain ((fig. 5). Cette corrélation est nulle ou très faiblement significative entre le poids et la longueur (fig. 6).

Il apparaît donc que les fluctuations du poids du grain d'une variété sont surtout conditionnées par la largeur. La longueur ne paraît inter-

venir que pour une faible part. C'est donc la largeur qui traduit le mieux la façon dont le grain se remplit.

En fait les fluctuations de poids de mille grains, pour un blé, ne résultent pas obligatoirement d'un échaudage, mais indiquent des modifications d'actions photosynthétiques ou de nutrition.

L'utilisation des dimensions comme critères de mesure de l'augmentation du poids conduit à rechercher quel est le caractère le plus lié à celui-ci. En effet, dans une pépinière d'hybrides, il arrive fréquemment que l'appréciation du poids réel d'une lignée, ou d'une plante, soit rendue difficile par suite d'accidents divers dus aux maladies (provoquées ou non) dont l'effet se traduit par une diminution de poids du grain. Elle

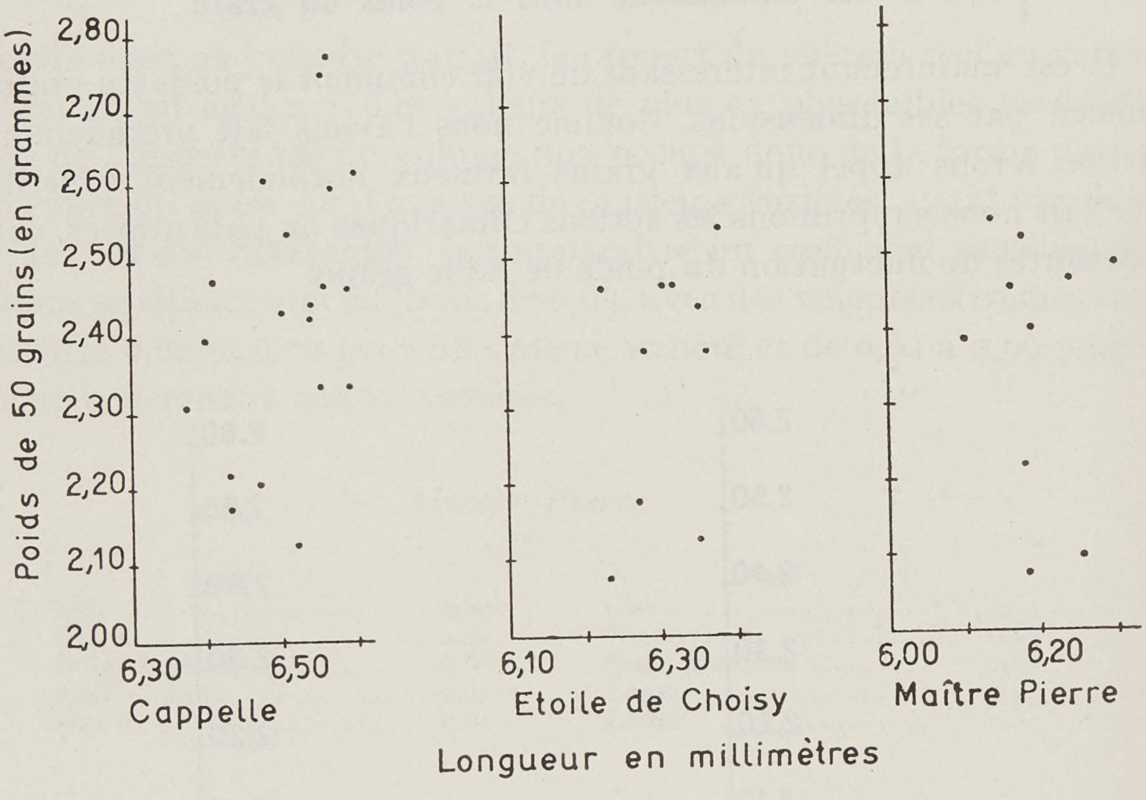


FIG. 6. — Corrélations entre la longueur et le poids (densité du grain 1,30).

porte essentiellement, comme nous l'avons vu, sur l'expression de la largeur et de l'épaisseur. Si l'on peut établir que la longueur, qui est généralement peu modifiable, présente une bonne corrélation avec le poids du grain, on pourra donc, indirectement, même s'il y a échaudage, estimer les possibilités de la lignée étudiée.

Pour vérifier si cette corrélation existait nous avons fait appel à quinze variétés françaises pour lesquelles les moyennes étaient établies à partir d'au moins cinq résultats. Nous avons obtenu les régressions données dans la figure 7. On peut observer que pour la longueur, on obtient une régression légèrement meilleure que pour la largeur. Par ailleurs, pour un nombre plus grand de variétés d'origines nationales variées, mais avec un seul chiffre par variété, les deux dimensions : largeur et longueur pré-

sentent toutes deux une bonne corrélation avec le poids. Donc, étant donné le caractère peu fluctuant de la longueur et sa faible réaction aux condi-

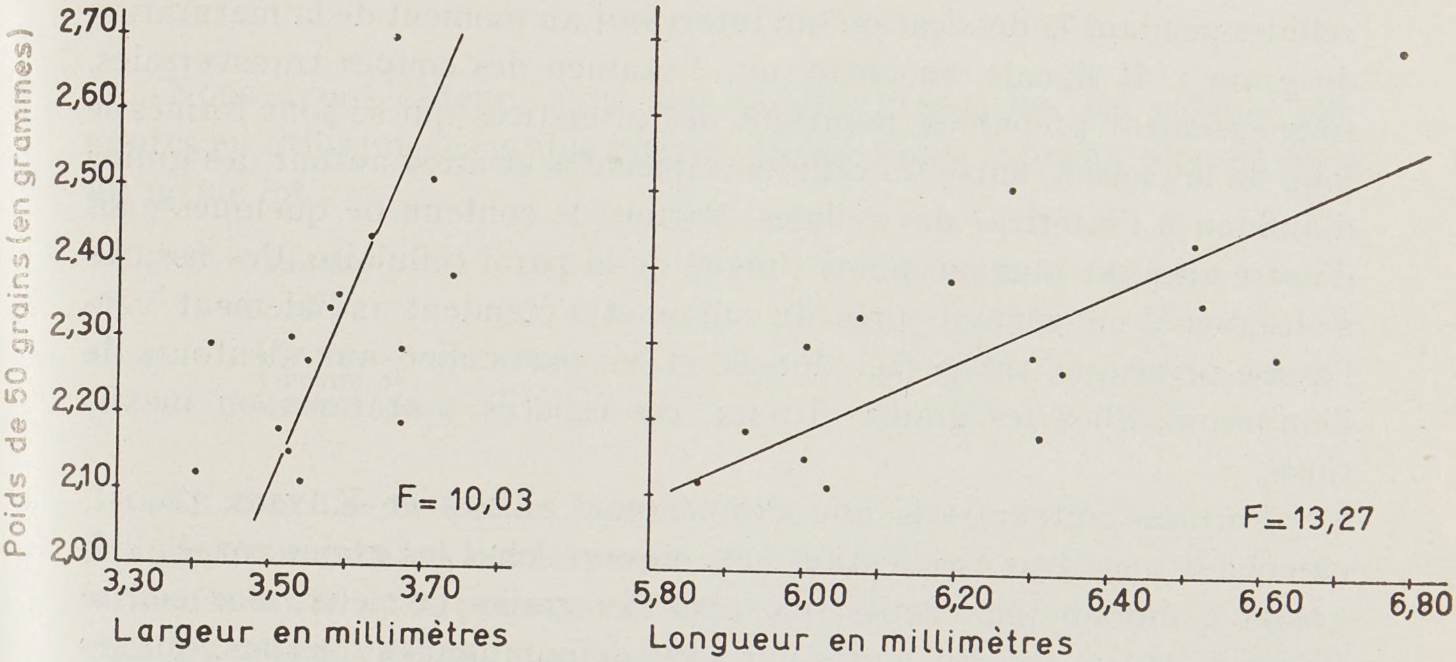


FIG. 7. — Corrélations entre le poids, la largeur et la longueur, établies à partir de 15 variétés différentes.

tions du milieu, il apparaît que cette dimension est valablement utilisable pour apprécier indirectement la potentialité du poids de mille grains.

ÉTUDE DE LA DENSITÉ DU GRAIN

L'aspect du grain, farineux ou vitreux, révèle une texture de l'endosperme qui intervient d'une façon marquée sur les valeurs de la densité réelle $\frac{P}{V}$. Ce rôle a déjà été souligné depuis longtemps par de nombreux auteurs tels que, CHURCH (1867), NOWACKI (1870) WOLNY (1886) LYON et KEYSER (1905), BAILEY (1915) ROBERTS (1919) FRANCK (1923).

L'aspect physique, farineux ou corné, avait été étudié en détail par les technologistes qui recherchaient un lien entre cet état et certaines qualités de la farine. Quelques-uns d'entre eux se sont attachés à déterminer les causes de cette différence d'apparence. C'est ainsi que NOWACKI affirme le premier que les différences d'états de l'endosperme proviennent d'un volume plus grand d'espaces remplis d'air dans les grains farineux, plus réduit chez les grains cornés. HACKEL, cité par BAILEY, écrit « si les albuminoïdes remplissant les intervalles entre les grains d'amidon prennent ces derniers comme un ciment, l'albumen à l'apparence translucide et le grain est appelé corné ; si cette union est moins intime, il reste de nombreuses petites cavités d'air et l'albumen est opaque ; le grain est alors farineux ».

Percival indique dans son ouvrage *The Wheat Plant*, en 1921, que « l'aspect blanc et opaque de l'endosperme du grain farineux est dû à la présence de minuscules fissures qui se produisent entre et à l'intérieur des cellules pendant la dessication qui intervient au moment de la maturation du grain ». Il signale, en outre, que l'examen des coupes transversales, soigneusement préparées, montrent des interstices qui se sont formés le long de la cloison, entre les cellules adjacentes et aussi autour des grains d'amidon à l'intérieur des cellules. Parfois, le contenu de quelques-unes d'entre elles est plus ou moins éloigné de la paroi cellulaire. Ces fissures s'observent, en général, près du sillon et s'étendent radialement vers l'assise protéique, sur la face dorsale et, en particulier, aux alentours de l'embryon. Chez les grains vitreux, ces espaces sont rares ou inexistants.

Certains auteurs tels que Cobb (1904), Lyon et Keyser (1905), cherchant une autre explication, ont observé, chez les grains cornés, des grains d'amidon plus petits que chez les grains farineux. Par contre Roberts (1919) conclut, après une série de nombreuses mesures, que les grains d'amidon sont plus larges chez les grains vitreux et que ceux-ci ont des cellules qui contiennent moins d'amidon que celles des grains farineux. L'examen des chiffres donnés par Roberts ne fait pas apparaître de très fortes différences entre les dimensions de l'amidon provenant de grains à texture différente. Il paraît d'ailleurs difficile d'attribuer aux faibles écarts relevés, un effet aussi marqué sur l'état de l'endosperme. La théorie établie à partir d'observations directes sur grain attribuant aux fissures la cause principale des différences de texture, paraît être admise maintenant par tous les chercheurs. Une preuve supplémentaire a été fournie en 1953 par Milner et Shellenberger. Ces deux auteurs ont montré que les fissures internes du grain sont décelables à la radiographie, à condition que leur longueur soit supérieure à 2 p. 100 du diamètre du grain. D'après Milner et Shellenberger, les fissures seraient en relation avec une perte d'élasticité des protéines au cours des processus de deshydratation du grain ; d'autre part, la fissuration se produirait perpendiculairement à l'axe longitudinal du grain, ce qui confirme les observations déjà relatées par Percival en 1921. Les intempéries, provoquant des alternatives de mouillage puis de séchage du grain, favorisent la fissuration de celui-ci.

D'après Sharp (1927) les blés riches en protéines auraient des grains qui lors de leur dessication normale, en fin d'évolution, se contracteraient davantage que ceux qui en sont pauvres, ce qui réduirait les possibilités de fissuration. Il est bien établi maintenant que la teneur en azote a une action prépondérante sur la texture du grain de blé. A titre d'exemple nous donnons les chiffres obtenus par Frank à partir de lots normaux, cornés et farineux, en ce qui concerne leur taux de protéines :

Farineux	Cornées
%	%
10,68	12,37
13,40	14,04
9,36	11,08

Nous avons obtenu, avec des variétés françaises, les valeurs suivantes en utilisant des grains vitreux et des grains farineux séparés dans un même lot :

Variétés	Vitreux	Farineux
	%	%
Lille	13,39	12,65
Vilmorin 27	16,30	13,59
Maître Pierre	14,76	12,76

En conclusion, quelles que soient les causes originelles des espaces d'air se trouvant dans l'endosperme, on admet maintenant que l'apparence farineuse est liée à la présence de fissures, qui rendent le grain opaque ; chez les grains vitreux, à aspect translucide, il n'existe pas ou très peu d'espaces vides.

Avant d'aborder les problèmes posés par l'étude de la densité, il n'est pas inutile de rappeler qu'un certain nombre de chercheurs se sont attachés à déterminer la densité des divers constituants du grain. C'est ainsi que NOBBE en 1876, obtient les valeurs suivantes citées par KORNICKE et WERNER :

Composants	Densités
Amidon	1,53
Cellulose	1,53
Sucre	1,60
Lipide	0,91-0,96
Gluten	1,29
Cendres	2,50
Air	0,0012

THOMAS donne pour l'amidon le chiffre de 1,5. CHURCH trouve lui aussi 1,53 mais, par contre, la densité du gluten qu'il indique est de 1,38. KURT HESS, en 1952, en recherchant une méthode de séparation des divers constituants du grain par différence de densité, trouve pour l'amidon 1,495, pour les protéines 1,338 et pour le gluten 1,240.

Évolution de la densité au cours de la maturité
(grains ramenés à 9-10 p. 100 d'humidité)

Avant d'exposer les observations faites en ce qui concerne l'étude du comportement de la densité, il n'est pas inutile d'étudier comment celle-ci évolue au cours de la maturation du grain.

Pour éviter les aléas inhérents aux analyses faites sur grain vert,

pour lesquels le facteur « teneur en eau » peut constituer un élément perturbateur, nous avons opéré sur des grains préalablement desséchés à l'étuve lors du prélèvement et réhumidifiés naturellement dans l'air ambiant du laboratoire, pendant 6 mois environ. Après ce laps de temps, la teneur en eau pour tous les prélèvements s'était établie à 9-10 p. 100, c'est-à-dire comparable à celle d'un grain récolté à maturité, entreposé dans les mêmes conditions au laboratoire. Les observations ont porté sur la récolte 1959, qui a été très favorable à cette méthode, car l'absence d'échaudage et de maladies (rouilles, piétin ou fusariose) a permis une maturité, aboutissant à la formation, dans une proportion élevée (95 p. 100), de grains farineux. On peut dire que les lots prélevés à diverses époques de l'évolution du grain avaient tous une potentialité « farineuse », ce qui était important pour la régularité de l'expérience.

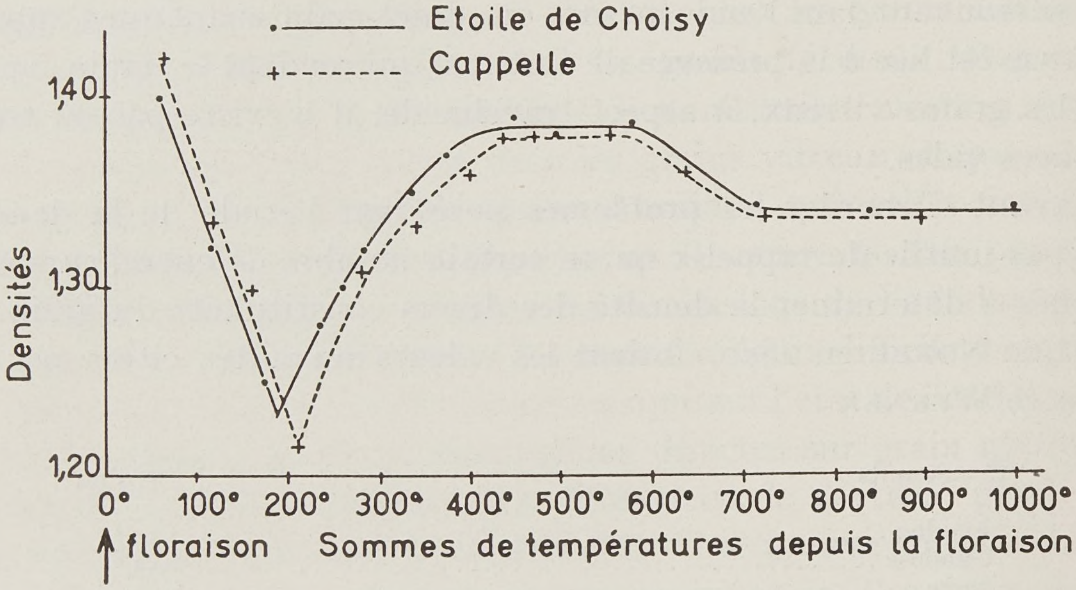


FIG. 8. — Évolution de la densité réelle de la matière sèche du grain au cours de sa formation.

Dans la figure 8, nous avons donné les courbes obtenues en 1959 avec les variétés *Cappelle* et *Étoile de Choisy*.

L'examen de ces courbes révèle une particularité qui avait déjà été signalée par BRENCHLEY et HALL, à savoir une chute brutale de la densité de la matière sèche du grain quelques jours après la floraison (10 à 15 jours).

Au début la densité est élevée(1,40 à 1,42) puis la baisse brutale signalée se produit. On obtient des valeurs faibles, voisines pour les deux blés considérés (1,22 et 1,23), correspondant à une réduction de l'ordre de 10 à 15 p. 100. Après ce minimum, la densité augmente rapidement pour se stabiliser à un certain niveau, puis une nouvelle réduction est enregistrée ; elle se termine à la maturité pour prendre la valeur définitive, constatée à la récolte. Cette courbe, valable pour 1959, peut vraisemblablement, dans sa portion finale, présenter une allure différente suivant les années. Il est possible que les conditions climatiques agissent sur cette

portion, soit en empêchant une réduction de densité (échaudage plus ou moins marqué), soit en accentuant cette réduction (années à été humide).

La période d'équilibre de la densité commence quelques jours avant la fin du « palier hydrique » signalé par H. GESLIN et P. JONARD et se termine avec lui. Au début de ce palier, on enregistre des valeurs plus faibles qu'à la fin où la densité est, pour 1959, significativement plus élevée qu'à la récolte. Il y a donc entre la fin du palier et le moment de la récolte, une période pendant laquelle, en année normale, le grain « perd » de la densité. C'est la phase de dessication. Si celle-ci est lente (cas de 1959), le grain est farineux. Du point de vue pratique, la récolte avant surmaturité, telle qu'elle se pratiquait avec l'emploi de la moissonneuse lieuse, avait pour résultat l'obtention de grains à densité élevée surtout si, suivant l'expression en usage à cette époque, on récoltait le blé « sur le vert ». Dans ce cas le grain, quoique ayant perdu sa couleur verte, est encore tendre et il reste sous l'épis une légère teinte verdâtre. On obtenait alors des grains vitreux, sans être échaudés. Dautres causes peuvent, d'ailleurs, provoquer une texture cornée, en particulier les épandages tardifs d'azote.

Densité des grains à 10-12 p. 100 d'humidité

Comme l'ont déjà signalé de nombreux auteurs, en particulier BAILEY, SHARP, ROBERTS, la différence de texture du grain, pour un même lot, amène des variations dans la densité réelle. Les grains vitreux, non échaudés ou même à peine échaudés, ont une densité plus forte que les grains farineux. Ces différences sont variables comme le montrent les chiffres du tableau 5. Les écarts relevés entre les deux textures, pour un même lot, sont de l'ordre de 3 à 6 p. 100. Cela permet, pour une part, d'expliquer les différences annuelles que l'on peut observer certaines années, ou pour certaines régions, sur des lots tout venant lorsqu'on détermine la densité réelle sans tri préalable des grains.

TABLEAU V

Incidence de la texture du grain sur la densité

Variétés	Grains farineux	Grains vitreux	Différences	Signification et seuil de signification
Étoile de Choisy (Nord) ..	1,31 ± 0,012	1,38 ± 0,007	0,07 ± 0,013	Sign. 0,02
Étoile de Choisy (Sud) ...	1,34 ± 0,001	1,40 ± 0,005	0,06 ± 0,005	Sign. 0,01
Coutiches	1,33 ± 0,001	1,37 ± 0,007	0,04 ± 0,007	Sign. 0,02
Poncheau	1,29 ± 0,009	1,36 ± 0,004	0,07 ± 0,009	Sign. 0,01
Pilote	1,31 ± 0,006	1,36 ± 0,004	0,05 ± 0,007	Sign. 0,01
Cappelle	1,28 ± 0,005	1,35 ± 0,006	0,07 ± 0,008	Sign. 0,01

En se limitant à l'étude des grains uniquement farineux, normalement constitués, on s'aperçoit que la densité, obtenue avec plusieurs variétés, varie peu. Pour 35 blés d'origines génétiques et régionales différentes, on obtient des chiffres de densité compris entre 1,29 et 1,34, soit une amplitude de variation de 3,8 p. 100, la densité moyenne s'établissant à 1,32. L'indice de variation, établi à partir de la formule $\frac{\sqrt{\text{variance}}}{\text{moyenne}} \times 100$ est faible 1,28 p. 100 ; les possibilités de différences variétales sont donc très réduites.

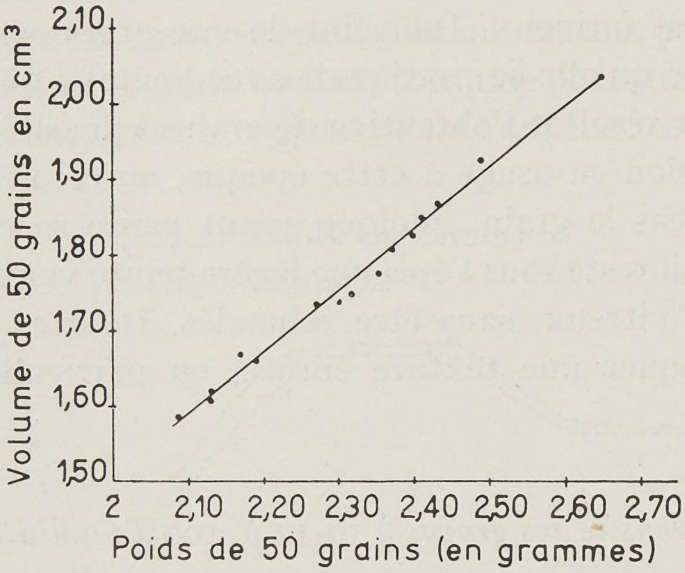


FIG. 9. — Corrélation entre le poids et le volume.

La fluctuation, en dehors de celle amenée par une différence de texture, est aussi très faible. L'indice de fluctuation est peu important ; on obtient les valeurs suivantes avec les variétés : *Marne* 1,31 p. 100, *Étoile de Choisy* 1,61 p. 100, *Cappelle* 1,23 p. 100, *Vilmorin* 27 1,52 p. 100, *Aisne* 1,63 p. 100. Les chiffres extrêmes de densité relevés pour la variété *Cappelle* fluctuent de 1,29 à 1,34, c'est-à-dire, recouvrent l'amplitude de variation du caractère envisagé.

Cette relative homogénéité des chiffres et cette faible amplitude de fluctuation déterminent une corrélation étroite entre le volume du grain et son poids, comme le montre la figure 9. Les grains volumineux seront donc les plus lourds, en se limitant au cas de grains farineux.

CAUSES MODIFIANT LA DENSITÉ DES GRAINS FARINEUX

État du péricarpe

Les causes provoquant les faibles fluctuations de densité relevées pour diverses années ou diverses localités, constatées sur les grains à apparence farineuse peuvent être dues soit à un nombre plus élevé des

fissures de l'albumen, soit à une augmentation de leur volume. Cette hypothèse n'est pas invraisemblable étant donné les faits avancés par les auteurs cités précédemment. Les conditions climatiques subies lors de la dessication du grain varient certainement d'une année à l'autre et peuvent ainsi provoquer des différences de comportement. Par exemple, en 1959, la densité est, en général, légèrement plus élevée qu'en 1957 et 1958 ; cependant, il faut ajouter que cet écart est faible, de l'ordre de 2 à 2,5 p. 100.

En dehors de cette action présumée de l'état de l'endosperme, il est une autre cause qui peut intervenir et qui n'est pas négligeable. Elle réside dans le plissement plus ou moins accentué des téguments du grain et en particulier, de l'épicarpe. Les plis s'observent sur la partie dorsale du grain, à laquelle ils donnent un aspect plus ou moins ridé. Dans les cas



FIG. 10. — Plissement de l'épicarpe.

extrêmes (grains ayant été mouillés puis séchés) la partie dorsale du tégument est boursouflée (grains 1, 3 et 5). Il existe alors un décollement de l'épicarpe qui, en se gonflant, provoque des poches d'air entre lui et les cellules du mésocarpe. La figure 10 montre les divers aspects extérieurs que peut revêtir le grain.

Dans un même échantillon nous avons séparé les grains très ridés de ceux qui l'étaient très peu et pour chacun des lots ainsi établis nous avons déterminé la densité réelle. Les chiffres obtenus sont les suivants :

	Très ridés	Peu ridés	Mélange
	—	—	—
Cappelle	1,32	1,34	1,33
Vilmorin 27	1,30	1,32	

Dans ce second cas les rides étaient moins accentués que dans le premier. Les écarts sont significatifs malgré leur faiblesse.

Rôle de l'humidité du grain

L'importance du taux d'humidité du grain a été soulignée par P. F. SHARP. Il a précisé que le mode d'acquisition de l'eau présentait aussi une importance non négligeable. MILNER et SHELLENBERGER indiquent qu'une humidification modérée (15 p. 100) n'amène pas de fissuration dans le grain lorsque celui-ci est séché à 35°C.

Avant d'aborder l'étude des modifications dues à des taux d'humidité variables, il n'est pas inutile d'avoir en mémoire les processus de l'humidification. De nombreuses expériences ont été faites à ce sujet. BROWN et WOLNEY, en particulier, donnent des courbes d'absorption d'eau, en fonction du temps, pour l'orge. Nous même avons obtenu, pour

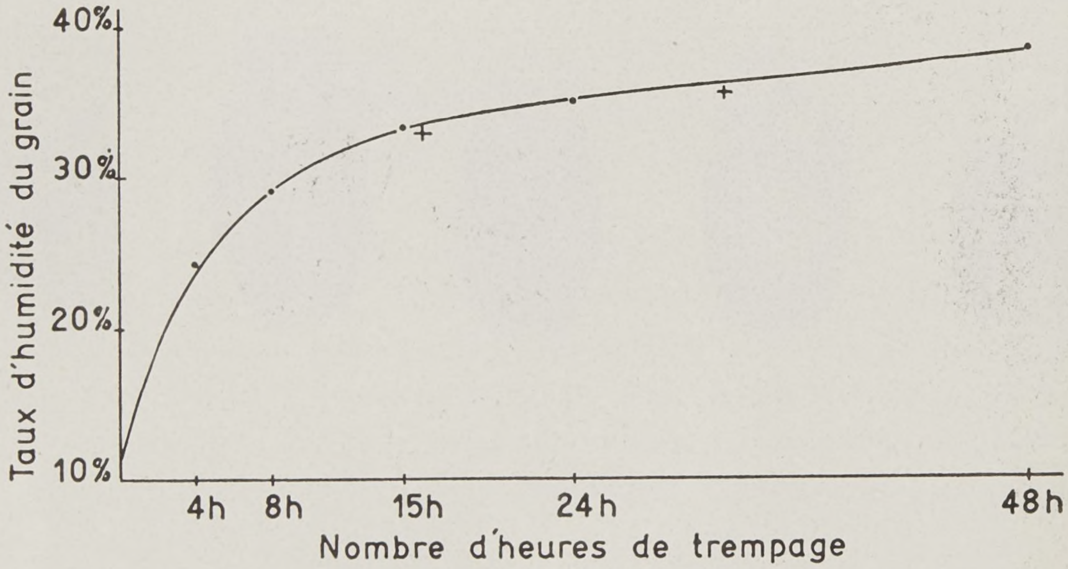


FIG. 11. — Évolution de la teneur en eau du grain en fonction du temps d'hydratation.

le blé, une courbe à allure similaire. Elle a été tracée à partir de chiffres enregistrés avec 10 variétés, dont l'humidité moyenne initiale pour l'ensemble était de 10,9 p. 100 ± 0,21.

Les valeurs obtenues pour les diverses durées de mouillage (les grains étant en contact avec un excès d'eau) sont les suivantes :

4 heures : 24,8 p. 100 ± 0,69 ; 8 heures : 29,1 p. 100 ± 0,54 ; 15 heures : 33,7 p. 100 ± 0,38 ; 24 heures : 35,5 p. 100 ± 0,31 ; 48 heures : 39,5 p. 100 ± 1,09.

Les erreurs exprimées en pourcentage des moyennes ci-dessus sont relativement faibles, ce qui indique que les teneurs en eau obtenues sont

assez homogènes (2,7 p. 100, 1,8 p. 100, 1, 1 p. 100, 0,8 p. 100, 2,7 p. 100). Le chiffre plus élevé du début (4 heures) peut provenir du fait que les grains n'ayant pas été calibrés, les variétés à petits grains s'imbibent plus rapidement que les variétés à gros grains.

La courbe tracée à l'aide de ces résultats est donnée dans la figure 11.

Il est à remarquer que pendant les quatre premières heures, l'absorption de l'eau est élevée et rapide. Après quatre heures, l'humidité passe de 10,9 à 24,8 p. 100 avec une vitesse horaire d'humidification de 3,4 p. 100 ; après 8 heures et jusqu'à 15 heures, il y a un ralentissement sensible, la vitesse horaire d'absorption tombant à 0,7 p. 100. Après 24 heures, le phénomène est lent, la vitesse horaire d'humidification étant de 0,16 p. 100.

Après 24 heures de mouillage à 20°C, les téguments éclatent et le

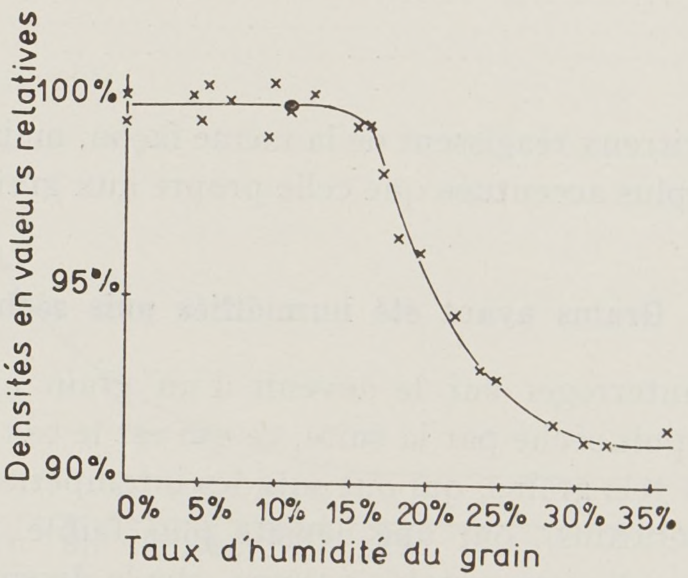


FIG. 12. — Fluctuations de la densité réelle en relation avec la teneur en eau du grain.

coleorhize apparaît à l'extérieur. A ce moment, la teneur en eau du grain est voisine de 35 p. 100. Mais auparavant, les phénomènes de germination sont vraisemblablement déclanchés sans manifestations extérieures évidentes.

Pour éviter, dans une étude de l'action de l'humidité sur la densité, l'incidence de phénomènes germinatifs, il n'est guère d'autres moyens que d'ajouter la quantité d'eau désirée dans le temps le plus court possible. Malgré cela, dans la zone comprise entre 30 et 35 p. 100 d'eau, il est vraisemblable que la germination doit s'amorcer et qu'à ce moment on risque de mesurer autre chose que l'influence de l'humidité Dans la portion allant de 15 à 25 p. 100, il est probable que l'on évite ce risque.

Dans la figure 12, nous avons concretisé l'action de la teneur en eau sur l'expression de la densité. Le témoin de comparaison est constitué par les lots présentant une humidité de 11 p. 100.

Il est intéressant de noter que les teneurs en eau comprises entre

0 p. 100 et 15 p. 100 ne modifient pas d'une façon sensible la densité. Par contre, à partir de 15 p. 100 (ou 16 p. 100, la limite n'étant pas facile à préciser) on observe une baisse rapide. Puis vers les valeurs de 30 p. 100 d'eau, il y a stabilisation. A partir de ce taux, d'autres actions biologiques peuvent intervenir et masquer l'aspect purement physique du phénomène.

Les valeurs relatives qui nous ont servi à établir la courbe correspondent à des densités moyennes théoriques qui, pour un témoin ayant la densité 1,31 (normale relevée pour plusieurs variétés en 3 ans), seraient les suivantes :

Taux d'humidité — %	Densités —
0	1,31
10	1,31
15	1,31
20	1,25
25	1,21
30	1,19

Les grains vitreux réagissent de la même façon, mais avec une réduction légèrement plus accentuée que celle propre aux grains farineux.

Grains ayant été humidifiés puis séchés

On peut s'interroger sur le devenir d'un grain ayant été mouillé après maturité, puis séché par la suite, ce qui est le cas en année où l'été est pluvieux. De tels grains, qui ont subi les intempéries (grains blanchis des auteurs américains), ont une densité plus faible. Mais pour cela il semble nécessaire, d'après certains auteurs, que la dessication normale du grain se soit réalisée préalablement au « mouillage ». Le séchage ultérieur ne permet pas au grain de reprendre sa densité normale, lorsqu'il a été humidifié dans les conditions citées précédemment.

Un grain mouillé, puis séché à température de 20°C, présente une densité plus faible. Cette diminution est d'autant plus forte que la durée de contact avec l'eau a été plus longue. Tout se passe comme si le mouillage déterminait, d'une manière irréversible, les valeurs de la densité. Pour mettre en évidence cette action nous avons mis en germination des lots de grains avec un excès d'eau, puis à des heures fixées, nous avons retiré les grains qui, essorés, ont été mis à sécher à la température du laboratoire. Ces grains ont ensuite été analysés du point de vue densité.

L'étude de 10 variétés a permis de tracer la courbe donnée dans la figure 13. Les points ont été établis à partir de moyennes résultant de l'analyse de 10 variétés.

Comme pour les grains humides, mais d'une façon peut-être plus marquée, la diminution de densité est brutale. Ce phénomène est très accentué pendant les quatre premières heures ; cela doit vraisemblable-

ment correspondre à une hydratation rapide, puisque après cette durée la teneur en eau du grain est comprise entre 20 et 25 p. 100. Après 8 heures, la diminution de densité est plus lente. Il est à remarquer que la courbe de la figure 13 est l'inverse de celle donnée dans la figure 11, ce qui démontre le rôle important joué par l'eau dans les fluctuations de la densité, même lorsque le grain a été séché après « mouillage ».

Si l'on admet que la limite minimum de fluctuation de la densité, due à des causes autres que la teneur en eau du grain, se situe aux environs de 1,29, tous les lots dont les grains farineux présenteront une densité inférieure pourront être suspecté, de mouillage soit sur pied, soit pendant la conservation. A fortiori, si l'on note des valeurs de l'ordre de 1,24 et moins, on est à peu près certain que le « mouillage » a été important et

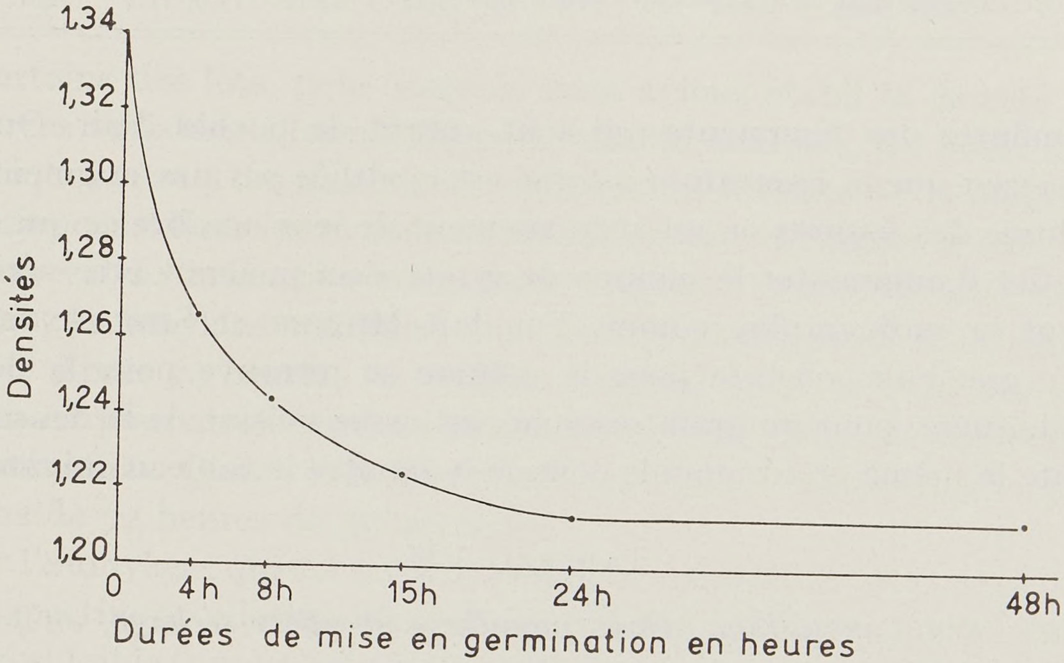


FIG 13. — Variations de la densité réelle en fonction de la durée de mise en germination (grains séchés à 20°C avant la détermination de la densité).

prolongé. Il est même possible qu'un début de germination, sans se manifester extérieurement, ait pu se déclencher.

Ces expériences montrent par ailleurs que tout grain fortement humidifié ne reprend jamais, après séchage, la valeur initiale de sa densité. Ceci avait déjà été souligné par SHARP, SWANSON, MILNER et SHELLENBERGER. Plusieurs explications peuvent être formulées. En premier lieu, après le séchage , le poids redevient sensiblement égal au poids de départ, à humidité analogue. Par contre le volume, lorsque le taux d'humidification dépasse 16 p. 100, ne reprend jamais sa valeur initiale. Le tableau 6 montre que le volume du grain séché, après mouillage, augmente suivant le taux d'humidité auquel il a été porté.

Cette augmentation de volume du grain séché, en liaison avec l'importance de l'humidification, est peut être due à un étirement irréversible du péricarpe et plus particulièrement de l'épicarpe, occasionnant ainsi les

TABLEAU VI

Valeurs du poids et du volume de grains mouillés (M), puis séchés à 20°C en fonction du taux d'humidification (pour 50 grains)

Variétés	Avant mouillage (témoin)				Après séchage (M)				Signification de la différence entre volume (M-T)	Taux de l'humidité atteint après mouillage
	Poids en grammes	Volume en c/c		% H 20	Poids en grammes	Volume en c/c		% H 20		
		Réel	relatif			Réel	relatifs			
Aisne	2,79	2,16 ± 0,026	100	11,5	2,81	2,18 ± 0,014	100,9	12,2	N. S.	16,5 %
Étoile de Choisy N	2,49	1,89 ± 0,010	100	11	2,50	1,97 ± 0,014	104,2	11,7	sign.	18,5 %
Étoile de Choisy S	2,60	1,96 ± 0,024	100	11,9	2,59	2,09 ± 0,022	106,6	11,0	sign.	23,9 %
Maître Pierre	2,95	2,23 ± 0,015	100	11,0	2,96	2,42 ± 0,011	108,5	11,1	sign.	30,4 %
— —	2,96	2,26 ± 0,023	100	11,0	2,96	2,46 ± 0,012	108,8	11,0	sign.	32,1 %
— —	2,95	2,23 ± 0,014	100	11,0	2,97	2,54 ± 0,012	113,9	11,4	sign.	37,2 %

boursouflures des téguments qui sont autant de poches d'air. On peut aussi penser que la fissuration interne est modifiée par une augmentation du volume des fissures ou un accroissement de leur nombre ce qui aurait pour effet d'augmenter le volume de grain. Ceci pourrait être vérifié en utilisant la radiographie comme l'on fait MILNER et SHELLENBERGER.

Ce que l'on constate pour le volume se retrouve pour la densité. Cette dernière, pour un grain resséché, est assez voisine de la densité que présente le même grain mouillé comme le montre le tableau suivant.

TABLEAU VII

Densité : avant mouillage, après mouillage et après séchage, en fonction de l'humidité du grain

	Aisne			Étoile de Choisy N			Étoile de Choisy S			Maître Pierre		
	Teneur en eau en %	Densité		Teneur en eau en %	Densité		Teneur en eau en %	Densité		Teneur en eau en %	Densité	
		I	II		I	II		I	II		I	II
Avant mouillage	11,5	1,288	100	11	1,319	100	11,9	1,328	100	11	1,310	100
Après mouillage .	16	1,283	99,7	18,5	1,263	99,7	23,9	1,223	92,1	32,1	1,217	92,9
Après séchage...	12,2	1,287	99,9	11,4	1,271	99,9	11	1,229	92,5	11,1	1,202	91,7

I : Valeurs réelles. II : Valeurs relatives.

Pour dix-huit résultats relatifs à plusieurs variétés d'origines diverses, la moyenne des valeurs relatives, par rapport au grain normal à 11 p. 100 d'eau, des densités après mouillage puis après séchage, donne les chiffres suivants : après mouillage 94,9 ; après séchage des grains préalablement mouillés 95,3. On peut donc admettre que toute humidification importante d'un grain sec confère à celui-ci une densité définitive qui est irréversible,

malgré un retour à une teneur en eau normale. On constate aussi que de faibles humidifications, inférieures ou égales à 16 p. 100, n'ont aucune répercussions sur l'expression de la densité. MILNER et SHELLENBERGER avaient déjà souligné cette caractéristique ; ils écrivaient « ainsi des échantillons mouillés à humidité modérée (15 p. 100) ne se fissurent pas quand on les sèche à 35°C indiquant par là que le degré de gonflement, ou le taux de séchage, sont insuffisants pour produire la contraction nécessaire à la fissuration ».

Une deuxième hypothèse peut être aussi envisagée. Il est vraisemblable que le mouillage prolongé ne s'accompagne pas uniquement de phénomènes physiques qui, après gonflement et dessication ultérieure, provoquent des vides soit sous les téguments soit dans l'endosperme. Il est possible que la germination débute très tôt et, par des processus biochimiques, provoque une baisse de densité, Extérieurement ce phénomène n'est pas décelable à son début.

Certains des lots, pour lesquels nous avions établi la densité après des durées variables d'humidification, ont été analysés, du point de vue diastasiques (α et β amylase), par le laboratoire d'étude de la qualité des blés. Sans considérer les résultats obtenus comme définitifs, il ont cependant une valeur indicative intéressante. Après 8 heures de mise en germination, l'α amylase manifeste une activité alors que la β amylase est inactive. Après 24 heures, l'α amylase augmente son activité qui ira en grandissant pour atteindre des valeurs très élevées après 48 heures de mise en germination. Quant à la β amylase, son inertie ne disparaît qu'aux environs de 72 heures de germination.

Or l'α amylase, qui est un dextrinogène, attaque les chaînes ramifiées d'amylopectine qu'elle dissocie en donnant un corps du type dextrine dont la densité est faible (1,03). Ceci est dû, probablement au pouvoir élevé de rétention de l'eau que possède ce corps. On pourrait voir là une cause de diminution de la densité du grain par suite de la formation de cette dextrine. La dessication ramenant l'humidité du grain à 11 p. 100, bloquant ensuite le phénomène, pourrait expliquer la concordance entre la densité du grain humide et celle obtenue après dessèchement de ces mêmes grains. Il serait intéressant de mieux préciser cette relation entre densité réelle et activité des amylases. Il serait peut être possible de détecter, grâce à la densité réelle, les premiers symptômes d'une germination ne se manifestant pas encore extérieurement. De toute façon, l'humidification des grains après récolte peut être décelée parla densité réelle. Cela peut constituer, après la mise au point d'une méthode pratique, un élément d'appréciation non négligeable.

Action de l'échaudage

L'échaudage physiologique, dû à la coïncidence d'une brusque élévation de température et la réalisation du palier hydrique signalé par

H. GESLIN et P. JONARD, provoque chez le grain une texture cornée. Ceci a une répercussion sur l'expression de la densité. Si l'échaudage se produit vers le milieu du palier, on ne constate pas de diminution de la densité mais au contraire une augmentation de celle-ci. Par contre, le poids de mille grains diminue dans une forte proportion. Cette augmentation de la densité est liée à la structure vitreuse du grain, comme nous l'avons déjà signalé. Les chiffres du tableau 8 montrent l'action de l'échaudage sur la densité réelle.

TABLEAU VIII

Fluctuations de la densité en fonction de l'échaudage du grain

	Cappelle		Vaillant		Alcy		
	Farineux	Échaudé	Farineux	Échaudé	Farineux	Échaudé	Très échaudé
Densité	1,326	1,35	1,325	1,345	1,341	1,376	1,346
Poids de 1000 grains en valeurs relatives	100	89,3	100	76.2	100	94,3	66,3

Si l'échaudage survient à la fin du palier, la diminution de volume est compensée par une densité plus forte. Dans ce cas, le poids de mille grains n'est pas modifié et il peut être même légèrement augmenté. Ceci explique la pratique fréquemment en usage, chez les fermiers utilisant la moissonneuse-lieuse, qui consistait à récolter le blé avant totale maturité, la paille, sans l'épis, présentant encore une légère teinte verdâtre, le grain n'étant pas encore dur, son taux d'humidité se situant autour de 25-30 p. 100. Les grains obtenus étaient en général vitreux, avec une densité forte.

Pour des échaudages pathologiques, dont l'intervention peut se situer avant le palier (cas des attaques de fusarioses, de piétin ou de rouilles) on peut enregistrer des réductions de densité importantes, le grain étant stoppé dans sa croissance à des époques variables et imprévisibles. Il peut tout aussi bien être arrêté tôt avant le palier que pendant le palier. Dans le premier cas la densité devra être faible, plus faible que la normale. C'est peut-être là un moyen de distinguer l'échaudage physiologique de celui qui est dû aux parasites.

CONCLUSION

L'ensemble des expériences faites antérieurement par de nombreux chercheurs, ainsi que celles dont nous avons exposé les résultats, permettent de mieux comprendre, sans l'expliquer en totalité, le comportement

du grain en face des divers facteurs pouvant agir sur sa formation et sur l'expression de ses principales caractéristiques physiques.

Du point de vue de ses dimensions, le grain paraît se développer en deux temps : le premier pendant lequel la longueur évolue rapidement, pour prendre sa valeur finale environ 20 à 25 jours après la floraison, alors que la largeur et l'épaisseur ont une évolution nettement plus lente ; dans le deuxième temps, alors que la longueur n'évolue plus, la largeur et l'épaisseur progressent rapidement et se stabilisent au moment de la maturité du grain. Ces deux dernières dimensions paraissent très sensibles à l'action du climat et notamment à celle de la photosynthèse. Pour la longueur, le déterminisme, qui est à préciser, semble différent de celui des deux autres dimensions. La longueur fluctue peu et son amplitude de variation est plus étendue que celle de la largeur. Il est donc possible, en utilisant le premier caractère et en s'adressant uniquement aux grains farineux normaux, d'envisager une classification permettant d'établir des grands groupes.

Il y a rarement corrélation entre la longueur et la largeur. Cela permet, dans un programme ayant pour objet l'augmentation du poids du grain, d'allier la plus forte longueur à la plus grande largeur. Par contre, entre cette dernière dimension et l'épaisseur, il existe une corrélation hautement significative.

Ces divers aspects des dimensions ont une répercussion sur le poids de mille grains. Pour une variété donnée, le poids du grain est en corrélation très significative avec la largeur et non significative avec la longueur. Les fluctuations du poids de mille grains sont donc, pour des grains farineux non échaudés, principalement provoquées par des fluctuations de largeur.

Pour un ensemble de variétés, la variation de longueur est en corrélation avec celle du poids de mille grains. Il en est, par ailleurs, de même pour la largeur, mais avec une signification plus faible. Il paraît donc indiqué, eu égard à ces constatations, d'utiliser la longueur comme critère de jugement le plus précis dans une étude du poids de mille grains, si l'on veut éliminer l'action du milieu.

En ce qui concerne la densité réelle la texture, cornée ou farineuse, a une influence marquée sur les valeurs obtenues. De nombreux auteurs ont montré que les grains vitreux ont une densité réelle plus élevée que celle des grains farineux. Ceci s'explique par la présence de fissures dans l'endosperme de ces derniers. Celles-ci ont été mises en évidence récemment par MILNER et SHELLENBERGER grâce à la radiographie des grains.

Lorsque l'on analyse uniquement les grains farineux, on ne relève pas, entre variétés, de différences significatives de densité. Celle-ci se situe entre 1,29 et 1,34, la moyenne s'établissant à 1,32. Cela amène une corrélation étroite entre le volume et le poids du grain correspondant.

La densité évolue, au cours de la formation du grain, d'une façon particulière. D'abord élevée, elle diminue rapidement pour atteindre son minimum 13 à 15 jours après la floraison. On enregistre ensuite une remontée rapide, puis une stabilisation et enfin, à partir de la fin du palier hydrique défini par GESLIN et JONARD, une diminution qui se termine à la maturité où la densité définitive est atteinte. Ce schéma est valable les années où la majorité des grains est à texture farineuse.

L'état du péricarpe (plissé), du taux d'humidité du grain (pour des valeurs supérieures à 16 p. 100), la durée de la mise en germination sont autant de facteurs qui tendent à abaisser la densité. L'action du mouillage sur la texture est irréversible lorsque le taux d'humidification dépasse 16 p. 100, comme l'ont montré certains auteurs américains. Un grain mouillé, puis séché, a perdu définitivement sa densité initiale. La diminution est d'autant plus forte que le taux d'humidification a été plus élevé. Grâce à ces constatations, il est peut être possible de mettre au point une méthode permettant de détecter les débuts de germination alors qu'ils ne sont pas encore visibles extérieurement, en se basant sur la réduction de la densité. En admettant que le plancher de densité normale se situe à 1,29, toutes les valeurs inférieures à ce chiffre rendent le grain suspect. Si l'on atteint 1,25, on peut être assuré que le grain a été fortement humidifié et à 1,21 que la germination à certainement débuté.

Enfin, l'échaudage peu accentué, loin de provoquer une diminution de densité, est au contraire un élément d'augmentation de celle-ci.

Reçu pour publication le 25 *août* 1960.

RÉSUMÉ

Parmi les caractères physiques du grain ont été étudiées en particulier les dimensions et la densité réelle. Les variétés utilisées étaient *Étoile de Choisy* et *Cappelle* pour lesquelles seuls les grains farineux normalement constitués ont fait l'objet d'observations.

En ce qui concerne les dimensions, il a été constaté que la longueur définitive se réalise rapidement, 23 jours environ après la floraison. La largeur et l'épaisseur n'atteignent leur valeur définitive que peu avant la maturité. La longueur, par ailleurs, est la dimension la plus variable et la moins fluctuante, alors que l'on observe l'inverse pour la largeur ; celle-ci est plus sensible à l'action des facteurs du climat et peut ainsi indiquer certaines réactions variétales au milieu.

La densité réelle, quelles que soient l'année et la variété, paraît être constante pour les grains farineux. Elle se situe aux environs de 1,32. Pour les grains vitreux, elle est plus élevée. Par contre, un grain mouillé, puis séché, révèle une densité plus faible qui peut atteindre des valeurs

comprises entre 1,25 et 1,20. Cette réduction est fonction du taux d'humidification et le séchage ne permet pas de revenir à une densité normale. L'action du mouillage est irréversible. Ceci permet d'envisager la détection des lots ayant été mouillés qui ont peut être subi un début de germination encore non apparente, grâce à l'utilisation de la densité réelle.

SUMMARY

Studies on the physical characteristics of wheat grain

Among the physical characteristics of grain, dimensions and actual density were specially studied. The varieties under consideration were *Etoile de Choisy* and *Cappelle*, for wich only normally constituted floury grains were observed.

As far as dimensions are concerned, eventual length was noted to be reached quite soon, about 23 days after flowering. Eventual values of breadth and width are reached only a short time before maturity. Besides, lenght is the most variable and least fluctuating dimension, whereas the opposite is true with breadth ; the latter is more sensitive to the effect of climatic factors, and may thus indicate certain varietal reactions to environment.

Actual density, whatever the year or the variety may be, seems to be constant in floury grains, and approximately 1.32. In vitrous grains, it is higher. On the other hand, a wet, and subsequently dried, grain shows a lower density, which may be between 1.25 and 1.20. This lowering depends on the rate of moistening, and drying cannot bring back density to its normal value. The effect of moistening is an irreversible one. This may lead to think of actual density as a means of detecting moistened samples which may have begun to germinate without it being outwardly apparent yet.

ZUSAMMENFASSUNG

Studien über physikalische Merkmale des Weizens.

Unter den verschiedenen physikalischen Merkmalen des Kornes wurden speziell die Grösse und das wirkliche spezifische Gewicht studiert. Die bearbeiteten Sorten waren « Etoile de Choisy » und « Cappelle » ; dabei wurden die Beobachtungen nur auf normalbeschaffenen, mehligen Körner durchgeführt.

Was die Grösse betrifft konnte festgestellt werden, dass die endgültige Länge des Kornes schnell reericht wird, ungefähr 23 Tage nach der Blüte. Dagegen erzielen Breite und Dicke ihren endgültigen Wert erst kurz vor der Reife. Das Merkmal Kornlänge weist zugleich die meisten erblichen Variationen und die geringsten Modifikationen auf. Umgekehrt verhält sich die Kornbreite. Dieses Merkmal hängt weitgehend von den klimatischenF aktoren ab und kann somit auf gewisse Sortenreaktionen gegenüber der Umweltfaktoren hinweisen.

Das wirkliche spezifische Gewicht der mehligen Körner scheint standhaft zu sein, und zwar unabhängig von Jahrgang und Sorte. Es beträgt ungefähr 1,32. Bei glasigen Körnern liegt es etwas höher. Das spezifische Gewicht feuchter und später wieder getrockneter Körner weist dagegen einen minderen Wert auf, zwischen 1,20 und 1,25. Diese Reduzierung hängt von dem Feuchtigkeit-

sgrad ab und das Trocknen vermag das spezifische Gewicht nicht mehr auf den normalen Stand zu bringen. Die Wirkung des Anfeuchtens erscheint somit als unwiderruflich. Die Benützung des Merkmals « mirklisches spezifisches Gewicht » wird womöglich die Entdeckung von angefeuchteten Körnerposten, die eventuell einen noch nicht sichtbaren Keimungsbeginn erlitten haben, erlauben.

Изучение физических характеров зерна мягкой пшеницы.

П. ЖОНАР.

РЕЗЮМЕ

Из физических характеров зерна были изученны, в частности, размеры и действительная плотность.

Были использованны сорта « Étoile de Choisy » и « Cappelle » для которых только зерновки мучнистыя и нормально оформленныя употреблялись для наблюдений.

Что касается размеров, было установлено что окончательная длина осуществляется очень рано, около 23 дней после цветения. Ширина и об'ем достигают их окончательную ценность незадолго до спелости. Кроме того, длина является размером наиболее изменчивым и наименее влияемым, тогда как для ширины наблюдается обратное; она более чувствительна к действию климатических факторов и может означать известные сортовые реакции к среде.

Действительная плотность, какие-бы ни были сорта и года, кажется константной для мучнистых зерновок. Она находится в соседстве 1,32. Для зерновок стекловидных она более значительная.

Напротив, зерно намоченное и высушенное означает более слабую плотность, которая может достигнуть ценностей находящихся в пределах 1,25 и 1,20.

Это снижение является функцией степени увлажнения и сушение не позволяет возвращения к нормальной плотности. Действие увлажнения необратимо.

Это позволяет, благодаря употреблению действительной плотности, предвидеть констатирование подмоченных поставок, с возможным началом, еще незаметнаго, проростания.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bailey (C. H.). — The relation of certain physical characteristics of the wheat kernel to milling quality. *J. Agric. Sci.*, **7**, 432-442, 1915-1916.

Bailey (H. C.). — *The constituents of wheat and wheat products*. Americ. Chem. Soc. Monogr. series, 317 pages, 1944.

Bailey (C. H.) and Thomas (L. M.). — A method for the determination of the specific gravity of wheat and other cereals. *U. S. Dept. of Agric., Bureau of Plant Ind.*, Circ. nº 99, 1912.

Brenchley (W. E.) and Hall (A. D.). — The development of the grain of wheat. *J. Agric. Sci.*, **3**, 195-217, 1909.

Chevalier (R.). — Échaudage du blé et poids de mille grains. *Annales Amél. Plantes*, **2**, 275-295, 1953.

Church (A. H.). — Report on wheat experiment 1863-1864. *Practice with Sc.*, **1**, 99-111, 1867.

CLARCK (J. A.), MARTIN (J. H.) and BALL (C. R.). — Classification of american wheat varieties. *U. S. Dept. of Agric.*, Bull. nº 1074, 230 pages, 1922.

FRANK (W. L.). — Textures v. s. protein content v. s. kernel weight. *J. Assoc. Cereal Chemists*, **8**, 74-82, 1923.

GESLIN (H.) et JONARD (P.). — Maturation du blé et climat. *Annales de la Nutrition et de l'alimentation*, Paris, **2**, 361-371, 1948.

Handbook of chemistry and Physics. Chemical Rubber Publishing Co. Cleveland, Ohio, 37e édition, 1955-1956.

HESS (K.). — *Die Mühle*, nº 27, 1952.

KÖRNICKE (F.) und WERNER (H.). — *Die Sorten und der Anbau des Getreides*. Bonn-Poppelsdorf, 1885.

LAMBA (P. S.). — The relation of glume measurements to kernel shape and size in wheat. *Agron. J.*, **41**, 167-168, 1949.

LEGENDRE (R.). — *Les céréales*. Armand Colin, Paris, 218 pages, 1935.

LEHMANN (E.) und AICHELE (F.). *Keimungsphysiologie der Gräser*. Ferdinand Enke, Stuttgart, 657 pages, 1931.

LYON (T. L.). — Improving the quality of wheat. *U. S. Dept. of Agric., Bureau of Plant Industry*, Bull. nº 78, 1905.

LYON (T. L.) and KEYSER (A.). — Winter wheat. *Nebraska Agric. Exp. Sta.*, Bull. 89, 1905.

MILLON (E.). — Über die Zusammensetzung des Weizes. *J. Prakt. Chem.*, **61**, 344-351, 1884.

MILNER (M.) and SHELLENBERGER (J. A.). — Physical properties of weathered wheat in relation to internal fissuring detected radiographically. *Cereal Chemistry*, **30**, 1953.

NOBBE (F.). — *Handbuch der Samenkunde*. Berlin, p. 313-315, 1876.

NOWACKI (A.). — *Untersuchungen über das Reifen des Getreides*. Halle, 1870.

PAGNOUL (A.). — Richesse et densité du blé. *Annales Agron.*, **14**, 262-272, 1888.

PERCIVAL (J.). — *The wheat plant*. Duckworth and Co., Londres, 1922.

REBISCHUNG (J.) et KARSKA (Mlle K.). — Étude sur la valeur systématique de quelques caractères observables sur le grain et les plantules de blé tendre. *Annales Amél. Plantes* 1, 1-30, 1952.

ROBERTS (H. F.). — Yellow berry in hard winter wheat. *J. Agric. Res.*, **18**, 155-169, 1919.

SHARP (P. F.). — Density of wheat as influenced by freezing stage of development and moisture content. *Cereal Chemistry*, **4**, 14-45, 1927.

SWANSON (C. O.). — Effects of moisture on the physical and other properties of wheat. *Cereal Chemistry* **18**, 705-729, 1941.

THOMAS (P.). — *Manuel de biochimie*. Masson et Cie, Paris, 426-432, 1946.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES VARIÉTÉS DE TOPINAMBOUR *(HELIANTHUS TUBEROSUS L)*

PAR

V. TSVETOUKHINE
Station d'Amélioration des plantes,
Centre de Recherches agronomiques de l'Ouest, École nationale d'Agriculture
Rennes

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction.

II. — Revue de la littérature.

III. — Origine de la collection.

IV. — Étude des caractères morphologiques.

A. — Le tubercule.
B. — La racine.
C. — La tige.
D. — La feuille.
E. — L'inflorescence.
F. — Le fruit.

V. — Étude des caractères physiologiques.

A. — La levée.
B. — La croissance de la tige.
C. — La floraison.
D. — La fructification.
E. — La fin de végétation.
F. — La tubérisation.

VI. — Clé de détermination des principales variétés.

VII. — Conclusion.

VIII. — Bibliographie.

I. — INTRODUCTION

Le topinambour, cultivé depuis très longtemps en France, principalement dans le Centre-Ouest et le Massif-Central, est une production actuellement très localisée et faisant l'objet d'un très faible commerce de semences.

Huit variétés figurent depuis 1959 (date d'inscription du Violet de Rennes) au Catalogue Français :

— *Blanc précoce.*
— *Violet Commun.*
— *Blanc Commun.*
— *Patate Vilmorin.*
— *Industrie.*
— *Progrès.*
— *Fuseau Vilmorin.*
— *Violet de Rennes.*

Le renouveau d'intérêt de cette culture dû aux possibilités de mécanisation de la récolte et surtout de récolte directe, économique, par un troupeau de porcs peut accroître les échanges de semences et contraindre, de ce fait, à mieux préciser les caractéristiques variétales dans un domaine où les synonymies sont fréquentes.

C'est pourquoi, il nous a paru intéressant de faire le point des observations effectuées sur cette plante à la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes où a été assemblée, à partir de 1943, une collection de très nombreux types.

II. — REVUE DE LA LITTÉRATURE

Jusqu'à ces dernières années la bibliographie traitant du topinambour n'était pas très abondante. La monographie de BAILLARGE (1942) est souvent citée comme ouvrage de base. Les publications plus récentes élargissent le champ des investigations, mais se cristallisent autour de problèmes bien délimités.

GARNER et ALLARD (1923) par leur travail, devenu classique, sur le photopériodisme, ouvrent une voie nouvelle pour l'amélioration du topinambour.

WATSON (1928) publie la description de très nombreuses espèces d'Helianthus. Le travail de WAGNER (1929-32) sur les croisements interspécifiques du genre *Helianthus* constitue une très sérieuse étude des particularités génétiques de quelques espèces d'*Helianthus*, dont le topinambour.

KUPPERS (1958) dans sa dernière publication résume les recherches qu'il a entreprises sur le topinambour depuis la dernière guerre.

I'SO (1955) publie le premier, après BAILLARGE, une monographie assez complète sur cette plante.

OUSTIMENKO (1958) présente les résultats de ses essais avec quelques variétés de topinambour.

Dans la plupart de ces travaux, où il est souvent question de variétés françaises, la notion de variété est laissée très imprécise ; même pour les espèces d'*Helianthus*, la situation est loin d'être claire ; ainsi l'Helianthi est désigné par plusieurs noms : *Helianthus macrophyllus*, *doronicoides*, *missouriensis* et *strumosus*, suivant le lieu ou l'auteur.

Quant aux variétés d'*Helianthus tuberosus L.*, on remonte facilement aux types primitivement répandus en Europe. Ainsi MEUNISSIER (1922) énumère une dizaine de variétés anciennement connues, mais signale déjà une série de types nouveaux, issus des semis, obtenus par la Maison Vilmorin.

Etant donné que pour les types primitifs la synonymie est déjà notable, on peut se demander comment pourront être distinguées les nouvelles obtentions issues de semis.

Une base précise de description est nécessaire et nous pensons que le présent travail peut apporter quelques éléments utiles.

III. — ORIGINE DE LA COLLECTION

La Station d'Amélioration des Plantes de Rennes a reçu, en 1942, une collection de variétés de topinambour de la Station Centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes de Versailles (3).

Cette collection tire son origine, en très grande partie, de la collection de la Maison Vilmorin.

A l'heure actuelle, elle se trouve enrichie par les apports suivants :

1° 11 types ont été ajoutés par M. LEFEVRE, Professeur à l'Institut National Agronomique, dont *Industrie* et *Progrès* inscrits au Catalogue des variétés.

2° *Série « S »*.

Issue de semis effectués en 1943 à Versailles dont nous avons conservé 7 types : $S^2$10-$S^2$16-$S^2$20-$S^2$23-$S^2$41-$S^2$46-$S^3$1.

3° *Provenance Venours*.

Deux variétés fournies par M. RAVAULT, Directeur de l'École Régionale d'Agriculture de Venours (Vienne) : *Jaune Rouillé* et *Venours*.

(1) Nous employons l'expression « Variétés » pour plus de commodité. L'expression « Variétés Clones » serait plus exacte.

Nous considérons ce dernier comme équivalent au *Violet commun* ou ses anciennes dénominations L 201, ou V 71 ou D 1.

4° *Envoi de* M. KUPPERS.

Sur 8 variétés allemandes reçues en 1953 à Rennes, nous n'avons conservé que 4 d'entre elles qui nous paraissaient être les plus intéressantes.

K 4 — *Halbschaft* de Küppers.

K 5 — *Rote Zonenkugel* de Küppers.

K 6 — *Tait* (U. S. A.).

K 8 — *Verbesserte Badische.*

5° *Obtentions de Rennes.*

Une mutation à feuilles laciniées, trouvée à Rennes dans le *Blanc précoce*, en 1949.

Deux hybrides Topinambour × Tournesol, DL 12 et DI 42 obtenus par semis à Rennes en 1947.

Quelques types issus de semis en observation.

La collection actuelle comprend donc au total 63 variétés dont 23 à tubercules colorés et 40 à tubercules blancs.

Les types trop fusiformes ou trop stolonifères ont toujours été éliminés de la collection.

Le travail d'élimination des synonymes nous a amené à étudier les divers caractères permettant de distinguer les différentes variétés-clones de topinambour.

Étant donné la fluctuation plus ou moins grande de certains caractères observés, nous ne sommes pas toujours en mesure d'apporter une appréciation définitive de leur valeur. Nous nous bornerons, dans ce travail, à présenter les premières observations qui serviront de point de départ pour une classification précise des variétés de topinambour.

IV. — ÉTUDE DES CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

A. — Le tubercule.

1. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX.

Le tubercule de topinambour est un rameau souterrain dans lequel certains entre-nœuds tubérisent (stolon-tubercule).

Le tubercule, comme la tige, porte des bourgeons opposés. Ces bourgeons sont protégés par des écailles qui sont des ébauches foliacées. Très souvent les écailles forment un anneau bieu marqué tout autour du nœud avec une languette au niveau du bourgeon. Cette écaille annulaire est

plus ou moins importante. Elle est toujours plus colorée que le reste du tubercule lorsqu'on décèle la présence d'anthocyane.

Les bourgeons autres que le bourgeon terminal tubérisent souvent à leur tour. Cette tubérisation secondaire ou ramification est la cause principale de la « mauvaise » forme chez certaines variétés (*Blanc précoce*).

La déformation des tubercules est encore accentuée (presque toujours dans les gros tubercules) par un autre genre d'excroissance issu des méristèmes situés au même niveau, de part et d'autre du bourgeon. Cette déformation supplémentaire est, de beaucoup, moins importante ; elle donne la forme « bosselée » aux tubercules. Assez rarement ces bosses produisent une radicelle, mais jamais un bourgeon. Chez certaines variétés (*Patate*

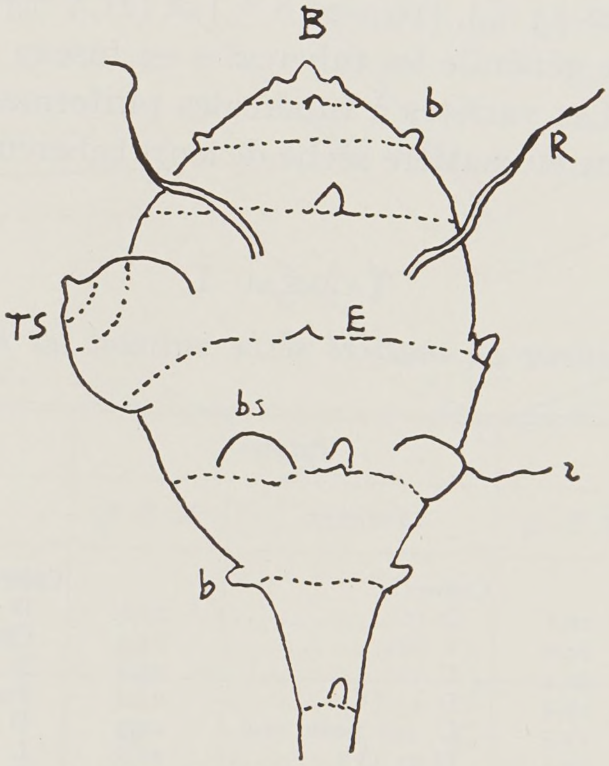


FIG. — 1. Schéma d'un tubercule.
B : bourgeon apical ; *b* : bourgeons ; R : racicelles internodales ; r : radicelle de « bosse » ; bs : « bosse » ; TS : tubercule secondaire ; E : écaille annulaire.

Vilmorin) l'emplacement de ces méristèmes est marqué au contraire par une dépression assez caractéristique et, semble-t-il, variétale.

La tubérisation secondaire et les excroissances supplémentaires (bosses) sont d'autant plus importantes que les conditions de culture sont meilleures.

Le nombre d'entre-nœuds est proportionnel à l'âge du tubercule. L'accroissement du volume des entre-nœuds traduit le rythme de tubérisation.

Les radicelles se forment sur les entre-nœuds du tubercule au-dessous du bourgeon, de chaque côté de celui-ci. Lorsque le bourgeon commence à germer au printemps, à sa base se forment d'autres radicelles qui en se ramifiant produisent les premières racines de la future plante. La préco-

cité de formation et l'abondance de ces radicelles, liées à l'évolution du germe lui-même, sont des caractéristiques variétales.

H. Belval et S. Lemoyne (1945) indiquent la répartition suivante de la matière sèche dans le tubercule :

	Violet	*Jaune*
Couche périphérique	22,4 %	19,4 %
Couche interne	16,4 %	12,5 %

D'après l'auteur hongrois I'so (1955) il y a une forte concentration (19-22 %) dans la partie stolonale, une diminution dans la partie médiane (14,3-15, 3 %) et de nouveau une augmentation dans la partie apicale (16 %) ; il existe une plus forte richesse dans la couche corticale respectivement : (22-23 %), (19,3-20,8 %) et (21,5 %).

D'une manière générale les tubercules en fuseau sont les plus riches en matière sèche. Les variétés à tubercules piriformes sont plus productives, mais la teneur en matière sèche de leurs tubercules est moins élevée (tableau. I).

Tableau I

Variations de la teneur en matière sèche suivant les formes de tubercules.

Piriformes		Patates		Fuseaux	
Variétés	M. S. %	Variétés	M. S. %	Variétés	M. S. %
Colorés :		Colorés :		Colorés :	
Violet commun	21,1	D 16	21,8	D 53 (V)	24,6
K 5	22,0	V 102	24,5	Clause	24,6
K 4	21,4	V 72	23,4	D 10	26,6
S^2 23	22,9	D 13 (V)	24,2	Fuseaux Vilmorin	24,9
S^2 46	23,5	L 242 peau rose	24,5	D 3	25,1
Piriforme rouge	24,1	D 43 (V)	24,3	L 232 (V)	26,6
		S^2 10	24,3	D 55	27,4
				D 17	26,8
				D 30	24,8
Blancs :		Blancs :		Blancs :	
D 19	20,2	D 18	23,5	Piedallu 8	25,8
D 5	21,6	D 22 (V)	23,5	S^2 41	24,4
K 8	22,3	D 26	23,6	D 39	26,4
D 7	21,5	D 42	25,1	D 14	27,3
Jaune Rouillé	20,6	Patate Vilmorin	23,3	D 39 (V)	26,8
Trois-Croix	21,6	P V	23,4	D 41	26,3
D 8	21,6	K 6	23,9	V 94	25,4
		S^2 16	24,9	L 242 peau blanche	25,6
		S^2 20	24,0	D 50 (V)	26,5
		S^3 1	23,4	Progrès	23,6
		D 2	22,7	D 51 (V)	26,1
		D 20	24,1	D 52	26,0
		D 244 (V)	23,4		
		Industrie	25,2		
		D 29	23,9		
		D 43	25,2		
		D 31	25,5		
		DL 12	23,0		
		DI 42	23,4		
Moyenne	21,9	Moyenne	23,9	Moyenne	25,8

En étudiant des tubercules piriformes présentant un rétrécissement de la partie stolonale avec des entre-nœuds concentrés et le reste du tubercule plus renflé, nous avons trouvé une richesse en matière sèche plus élevée dans la partie stolonale que dans la partie volumineuses du tubercule (variété D 5) :

Partie stolonale 4 entre-nœuds : 23,5 p. 100.
Partie apicale 4 entre-nœuds : 20,7 p. 100.

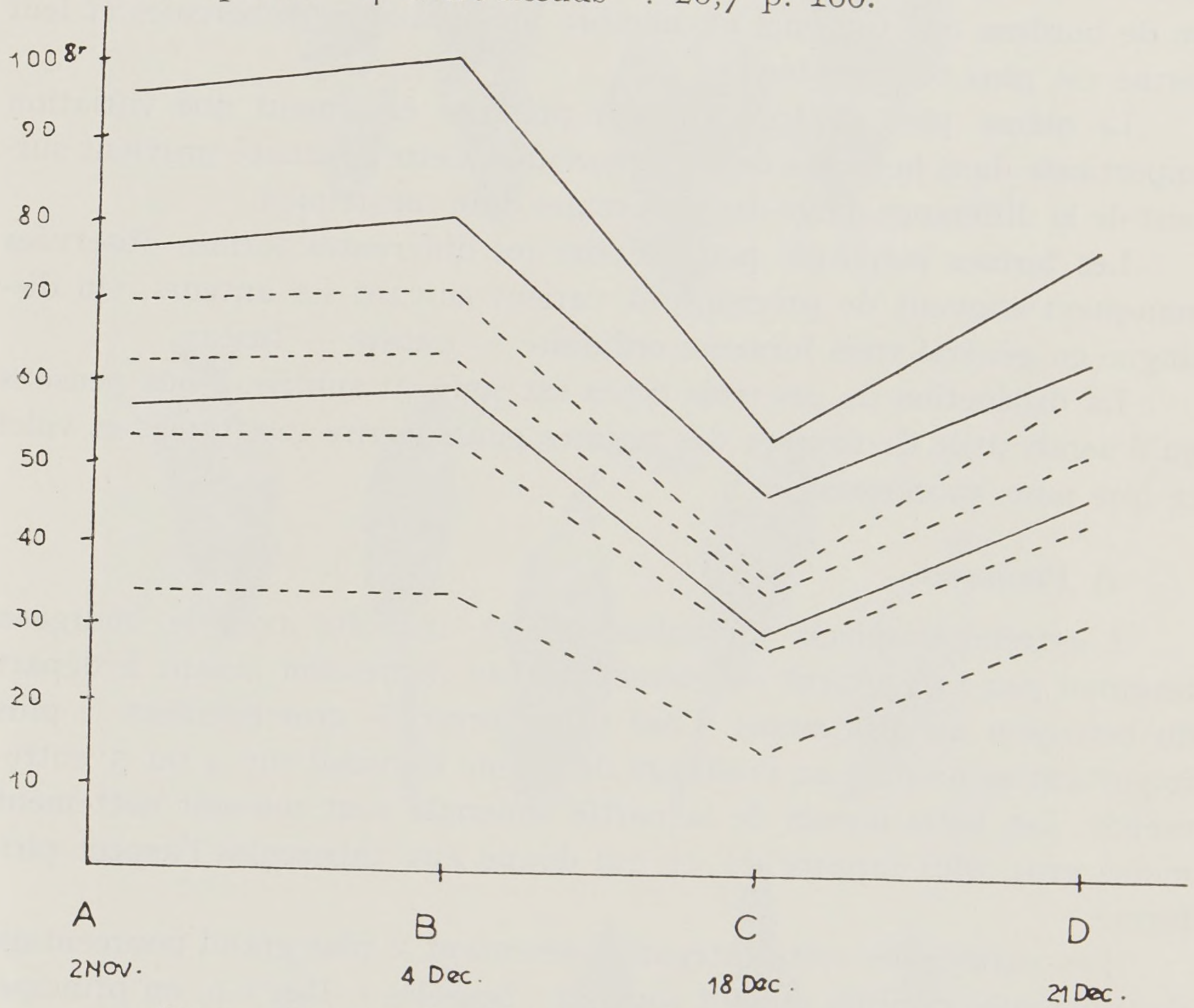


FIG. 2. — Variation du poids individuel des tubercules avec le milieu.
A : dans la terre à l'humidité 22 p. 100 dans la couche de 0 à 15 cm. B : dans la terre à l'humidité 22,5 p. 100 dans la couche de 0 à 15 cm. C : après un séjour de 14 jours au laboratoire (14 à 18°). D : après un séjour de 48 heures dans l'eau.

et pour les tubercules plus jeunes à forme régulièrement arrondie :

Partie stolonale 1 entre-nœud : 21,7 p. 100.
Partie apicale 5 entre-nœuds : 20,2 p. 100.

A remarquer la teneur comparable pour les deux types de tubercules dans les parties renflées apicales, riches en moelle, qui se développent probablement en même temps à l'arrière-saison.

Enfin signalons, en dernier lieu, que le tubercule de topinambour est capable de perdre son eau par dessèchement et aussi d'absorber l'humidité pour reprendre son état de turgescence. Nous avons obtenu les variations de poids suivantes sur quelques tubercules conservés successivement dans différentes conditions de milieu (fig. 2).

2. — Forme du tubercule.

La forme du tubercule est avant tout variétale, allant du type globuleux à celui de fuseau très allongé (photo 1).

Les conditions du milieu provoquent parfois des changements de forme notables sans modifier cependant le type variétal. Les pieds isolés ou de bordure ont toujours un nombre plus grand de tubercules et leur forme est plus tourmentée.

Le même pied de topinambour présente également une variation importante dans la forme de ses tubercules. Cette diversité provient surtout de la différence d'âge des tubercules d'un même pied.

Les termes employés pour décrire les différentes formes observées manquent souvent de précision et varient suivant les auteurs. On distingue en général trois formes : ordinaire — patate — fuseau.

La distinction de ces trois types est souvent subtile. Nous pensons qu'il serait utile de trouver des normes pour décrire ces formes et voici ce que nous proposons :

a) *Piriforme.*

L'extrémité apicale du tubercule est arrondie avec le bourgeon terminal peu proéminent ou même situé en dépression (avant le départ du bourgeon au printemps). Chez cette forme, le grossissement le plus important se produit au voisinage du germe terminal sur 4 ou 5 entre-nœuds. Les entre-nœuds de la partie stolonale sont souvent nettement moins gros, plus rapprochés, ce qui donne aux tubercules l'aspect piriforme.

Les variétés de cette catégorie présentent le plus grand pourcentage de tubercules ramifiés et sont souvent « bosselés ». Il n'y a, en principe, jamais de tubérisation secondaire dans la partie stolonale rétrécie. Ces variétés sont en général les plus productives. Le rendement moyen par pied, sur trois années, pour douze d'entre elles, est de 1,520 kg avec 25,1 p. 100 de tubercules ramifiés.

b) *Patate.*

L'extrémité apicale est plus ou moins effilée avec le germe terminal proéminent. La longueur du tubercule est égale ou inférieure à trois fois le plus gros diamètre. Ce dernier se trouve sensiblement au milieu du tubercule. Cependant, les entre-nœuds stolonaux sont assez souvent moins gros et présentent le même aspect que chez les piriformes. La tubérisation secondaire est beaucoup moins importante. Le rendement moyen par pied, sur trois années, pour 24 variétés « patate » est de 1,350 kg avec 8,8 p. 100 de tubérisation secondaire.

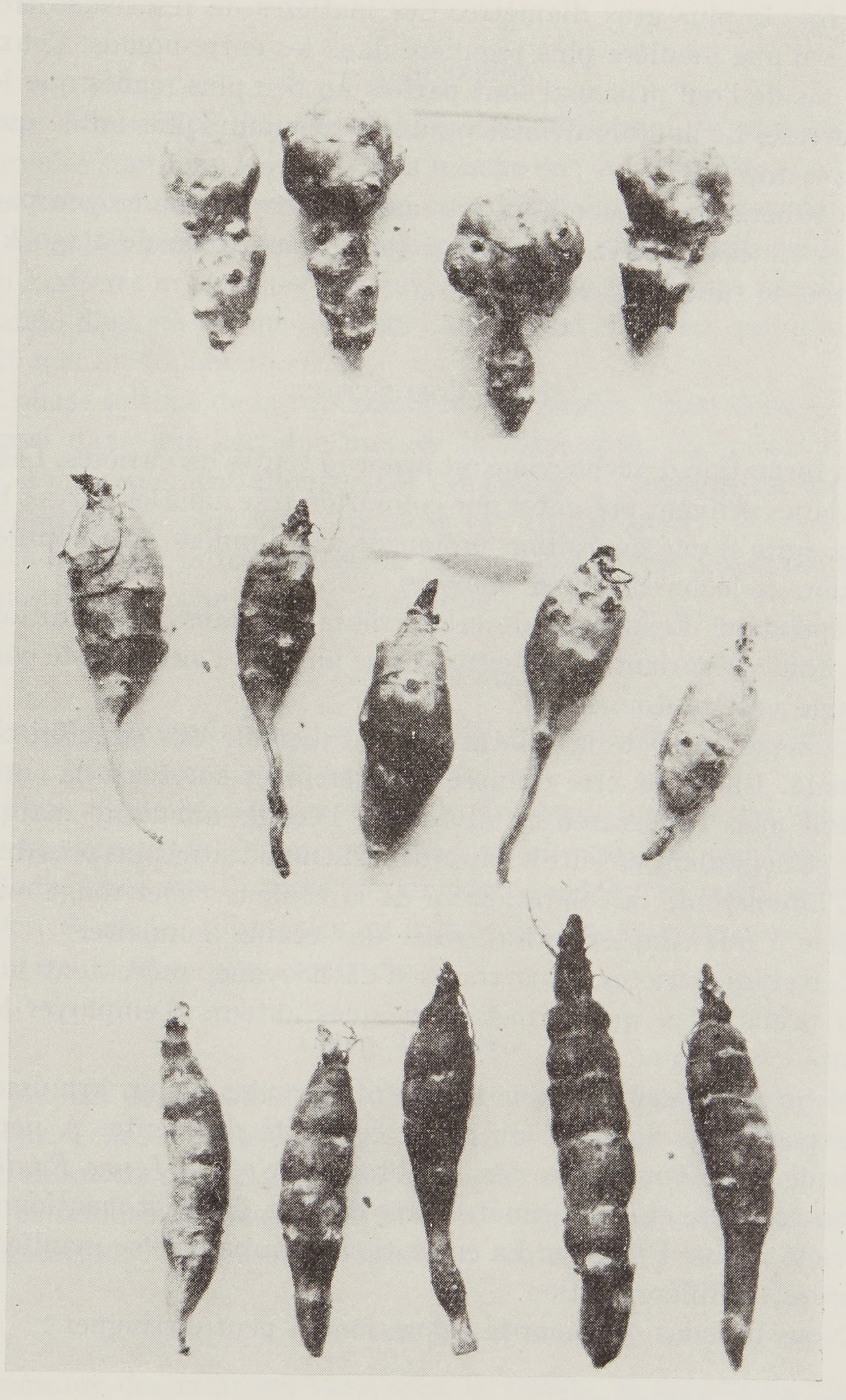


Photo 1. — *Formes des Tubercules.* Piriforme ; Patate Fuseau.

c) *Fuseau.*

Le tubercule est effilé aux deux extrémités. Sa longueur est supérieure à trois fois le plus gros diamètre. Les matières de réserve se trouvent réparties d'une manière plus régulière dans les entre-nœuds. Ceux situés au-dessous de l'œil principal sont parfois un peu plus renflés que le reste du tubercule. Le nombre d'entre-nœuds est toujours plus faible que dans les autres formes.

La tubérisation secondaire est rare : le rendement moyen par pied, sur trois années, pour 20 variétés à forme fuseau est de 1,150 kg avec 4,8 p. 100 de tubercules ramifiés.

3. — Coloration.

La formation d'anthocyane est propre à toutes les variétés. Les tubercules blancs peuvent présenter une coloration rose dans les parties blessées ou à la suite d'une exposition prolongée à la lumière. Les bourgeons en évolution se colorent aussi souvent.

Cependant, l'existence de cette coloration dans les conditions normales, tout en variant en intensité d'une année à l'autre, reste constante pour une variété donnée.

La répartition de la coloration du tubercule est caractéristique de la variété. Elle peut être diffusée régulièrement sur toute la surface ou bien être plus concentrée au niveau de l'écaille annulaire marquant le nœud, se dégradant ensuite à l'approche du nœud situé plus près du stolon.

L'intensité de la coloration va de la couleur violet-rouge ou violet-brunâtre à une simple bordure rosée de l'écaille annulaire.

Certaines variétés, sans traces d'anthocyane, présentent une coloration brunâtre ce qui permet à quelques auteurs d'employer le terme « bronzé » ou « fumé ».

Nous avons constaté que tous les tubercules blancs brunissent, une fois exposés à la lumière, avec une intensité différente. A notre avis, une seule variété mérite ce terme « bronzé » c'est le *Jaune Rouillé* qui a la peau rugueuse et déjà brunâtre dans la terre. On peut mentionner aussi la variété *Patate Vilmorin*. La coloration du tubercule se manifeste assez tôt après sa différenciation.

Nous pensons que pour la coloration on peut distinguer :

a) *Peau anthocyanée.*

— Violet uniforme.
— Violet, zones blanches.
— Violet délavé.
— Écaille colorée.

b) *Peau non anthocyanée.*

— Blanc.

— Bronzé.

4. — Dispersion.

Nous avons déjà dit que dans notre collection les variétés dont les tubercules sont trop éloignés de la souche ont été éliminées. La dispersion des tubercules autour du pied est certainement influencée par la nature du sol et par le climat. La dispersion est moins forte dans un sol riche en matières organiques (terreau) et cependant elle est relativement plus grande dans un sol meuble que dans un sol compact qui, d'ailleurs, convient mal au topinambour.

La phase initiale de la tubérisation — émission des stolons — détermine aussi dans une certaine mesure la dispersion, car pendant cette période, il y a seulement allongement des stolons ; l'ébauche du tubercule ne se produit que plus tard, limitant cet allongement.

Dans le même ordre d'idées, la dispersion est plus importante chez les formes fuseaux que chez les piriformes.

B. — **La racine.**

Chez les topinambours (multipliés végétativement), il n'y a pas de racine en pivot, comme chez le tournesol.

On observe quelques fortes racines profondes et une masse importante de chevelu superficiel. Ces racines fines, nombreuses et ramifiées créent autour du pied une zone de terre très divisée dans laquelle sont localisés les tubercules. Seuls les tubercules en fuseau dépassent cette zone et s'enfoncent dans la terre plus compacte.

C. — **La tige.**

La plupart des variétés produisent de grandes tiges de 2 à 3 mètres de hauteur. Celles dont les tiges ne mesurent que 1,50 m sont rares. La tige a un diamètre de 3 à 4 cm à la base ; elle est plus ou moins rameuse, fibreuse et renferme en son centre une moelle verte et aqueuse au cours de la végétation, blanche et spongieuse à maturité.

1. — Ramifications.

Le nombre des rameaux varie avec la variété, la densité du peuplement, le nombre de tiges par pied (il y a davantage de rameaux sur les pieds à une seule tige) [1] et aussi la vigueur de la végétation.

[1] Un comptage sur la variété « D 5 » indique :

17,6 ramifications pour les pieds à tige unique.
7,5 ramifications pour les pieds à deux tiges.

Les rameaux sont localisés sur les 2/3 inférieurs de la hauteur. Leur extension diminue progressivement de bas en haut, donnant une forme pyramidale au buisson.

Comme les bourgeons du tubercule, les ramifications à la base de la tige sont opposées. Leur disposition est alterne ensuite. Les entre-nœuds présentent une longueur irrégulière et l'ordre général devient complexe. Assez fréquemment les nœuds portent trois bourgeons donnant trois rameaux ou trois feuilles.

Chez les variétés qui fleurissent abondamment, les rameaux de la base portent souvent des fleurs.

TABLEAU II

Répartition des variétés suivant l'importance des ramifications.
(Dans l'ordre décroissant, note 5 = maximum.)

Note 5 à 4	Note 3,8 à 2,5	Note 2,3 à 1
D 19	S^3 1	Progrès
PV	S^2 16	D 29
Piedallu 8	D 31	V 94
V 102	D 30	Helianthi
D 52	D 10	DL 12
D 5	S^2 46	D 14
Jaune Rouillé	V 72	D 42
K 8	Fuseau Vilmorin	D 16
K 4	Piriforme rouge	K 6
D 55 (V)	D 13 (V)	S^2 20
	D 51 (V)	D 8
	Violet de Rennes	Violet commun
	D 18	D 17
		K 5
		D 26
		Patate Vilmorin
		DI 42
		Industrie

2. — COLORATION.

La tige est colorée de violet chez certaines variétés ; chez d'autres elle est complètement verte, dépourvue d'anthocyane. La coloration est plus intense dans le tiers supérieur de la tige ; elle est moins forte à la base et quelquefois au sommet. Parfois, au contraire, le sommet est plus coloré que le reste.

Cette coloration peut être uniforme ou simplement localisée autour des poils dont la tige est plus ou moins couverte. On observe aussi sur la tige de petites stries claires et courtes réparties sur toute la longueur.

Comme pour la notation de l'importance des ramifications, nous avons employé jusqu'à présent une échelle de 5 points, attribuant la note 5 à la coloration la plus foncée.

La coloration de la tige varie en intensité d'une année à l'autre.

Cependant, le classement de la valeur relative des variétés se conserve, ce qui nous a permis d'établir le tableau III.

TABLEAU III

Répartition des variétés suivant la coloration de la tige.

Note 0 à 1	Note 2 — 3	Note 4 — 5
Tiges non colorées ou très peu	Tiges peu colorées	Tiges colorées
K 6 S² 46 Piriforme rouge D 29 D 8 Fuseau Vilmorin D 10 D 42 DL 12 D 31 D 16 S² 16 D 50 (V)	Industrie D 55 L 232 (V) D 51 (V) K 5 Violet commun Helianthi D 18 D 14 K 4 Progrès	V 72 D 26 V 102 D 5 Jaune Rouillé S³ 1 K 8 D 13 (V) D 17 DI 42 Patate Vilmorin PV S² 20 Piedallu 8 D 52 D 30 V 94 D 19

Nota. — La coloration est notée sans tenir compte de celle du sommet (inflorescence).

Cette coloration de la tige n'est pas en rapport avec celle que prend le tubercule à la récolte.

3. — PILOSITÉ.

La pilosité varie avec la variété mais aussi suivant les conditions de la végétation. Le sommet de la tige est plus velu que la base. La notation se fait dans son tiers supérieur. Nous ne connaissons pas de variétés entièrement glabres.

D. — **La feuille.**

1. — FORME GÉNÉRALE.

Nous avons déjà parlé de la disposition des rameaux et des feuilles sur la tige. La feuille peut être large et courte ou bien étroite et allongée. Mais le rapport longueur-largeur ou l'indice foliaire de WAGNER, seul n'est pas, suffisant pour caractériser sa forme, car la pointe et la base du limbe interviennent pour lui donner un aspect particulier.

La forme des feuilles, tout en conservant son allure générale, varie de la base au sommet. Celles de la base sont plus grandes et présentent

des caractères de détail accusés (denticulation, aile du pétiole). En remontant vers le sommet ces caractères s'estompent : les feuilles y sont plus petites et généralement plus allongées. Pour cette raison, les feuilles sont examinées au niveau des deux tiers de la tige à partir du sol. Par ailleurs, chez certaines variétés, la pointe de la feuille présente une torsion (photo 2),

2. — Pilosité.

La surface de la feuille est rugueuse. Ceci est dû à la présence de poils à pointe recourbée. Le pétiole porte des poils plus longs sur les bords.

3. — Port de la feuille.

Le port de la feuille peut être dressé ou horizontal. Souvent la pointe est en plus incurvée vers le bas. Le port s'observe plus aisément au sommet de la tige sur les petites feuilles.

4. — Débordement du limbe sur le pétiole.

Chez le topinambour les deux nervures principales latérales ne limitent pas la base du limbe. Le limbe déborde ces nervures et s'étend sur le pétiole. Ce débordement ou aile du pétiole peut être plus ou moins large. Certaines variétés ont le pétiole non ailé.

5. — Denticulation.

La denticulation du bord de la feuille est plus ou moins accusée. On peut distinguer trois classes selon son importance : forte, moyenne ou faible. Les dents peuvent être régulières ou non, aiguës ou arrondies.

6. — Sinus foliaire.

Sa mesure permet de différencier les feuilles à base cordiforme et lancéolée (photo. 2).

7. — Coloration.

La coloration verte de la feuille présente, suivant les variétés, une teinte variable, vert-clair, vert-foncé, vert grisâtre.

Certaines variétés ont, parfois, des feuilles rougissantes à l'automne; d'autres ont seulement des nervures colorées. Cette coloration ne se manifeste pas tous les ans, étant en rapport avec les conditions clima-

tiques et notamment la température automnale à maturation. La pilosité du limbe donne parfois un aspect velouté.

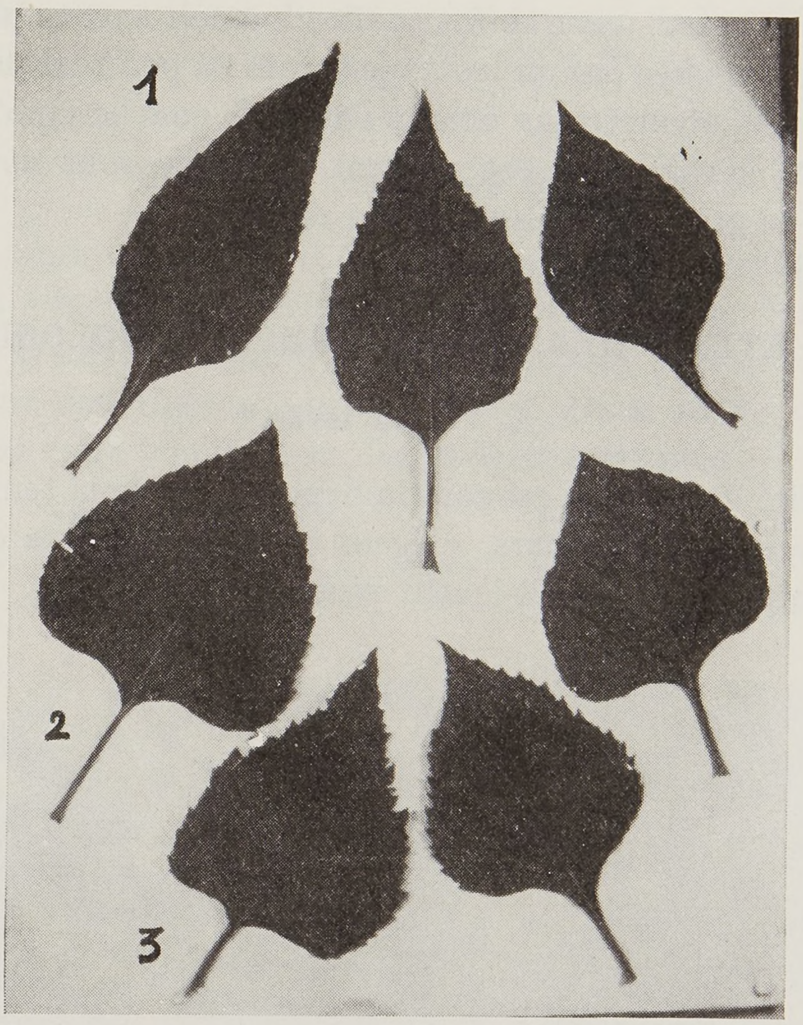


PHOTO 2. — *Différentes formes des feuilles.* 1. Lancéolée, denticulation faible, aile du petiole large, sinus ouvert, indice foliaire = 2,26. — 2. Cordiforme, sinus fermé, aile du petiole très faible, indice = 1,11. — 3. Très forte denticulation.

E. — **L'inflorescence.**

L'inflorescence est caractérisée par le nombre de fleurs qui est d'ailleurs variable suivant les années et aussi par l'ampleur de la hampe florale. Les ramifications de la hampe florale sont plus ou moins nombreuses, plus ou moins longues et s'insèrent sur la tige à des hauteurs différentes, formant des inflorescences plus ou moins lâches.

La taille des fleurs présente aussi une certaine variation variétale. Certains capitules ont des fleurs ligulées bifides mais ce caractère n'est apparemment pas stable.

F. — **Le fruit.**

Le fruit du topinambour est un akène, comme celui du tournesol, mais d'une taille beaucoup plus petite : longueur 5 à 6 mm, largeur 2 à 3 mm. Le poids de 1000 graines est environ de 10 grammes. L'enveloppe

est constituée par des fibres claires, accolées dans le sens de la longueur, cette première couche est recouverte par une assise charbonneuse ; à la surface, un feutrage gris-beige laisse apparaître, par endroit, la couche charbonneuse, ce qui forme des mouchetures. Intérieurement l'enveloppe est tapissée par un feutrage blanc. La pointe de la coque forme une excroissance asymétrique émergeant de la couche charbonneuse.

La faculté germinative est souvent mauvaise sous notre climat où la formation de graines fertiles est très rare.

V. — ÉTUDE DES CARACTÈRES PHYSIOLOGIQUES

A. — **La levée.**

La rapidité de la levée est sous la dépendance de la température. Les plantations précoces, en mars, exigent une quarantaine de jours pour lever. Les plantations d'avril lèvent plus rapidement.

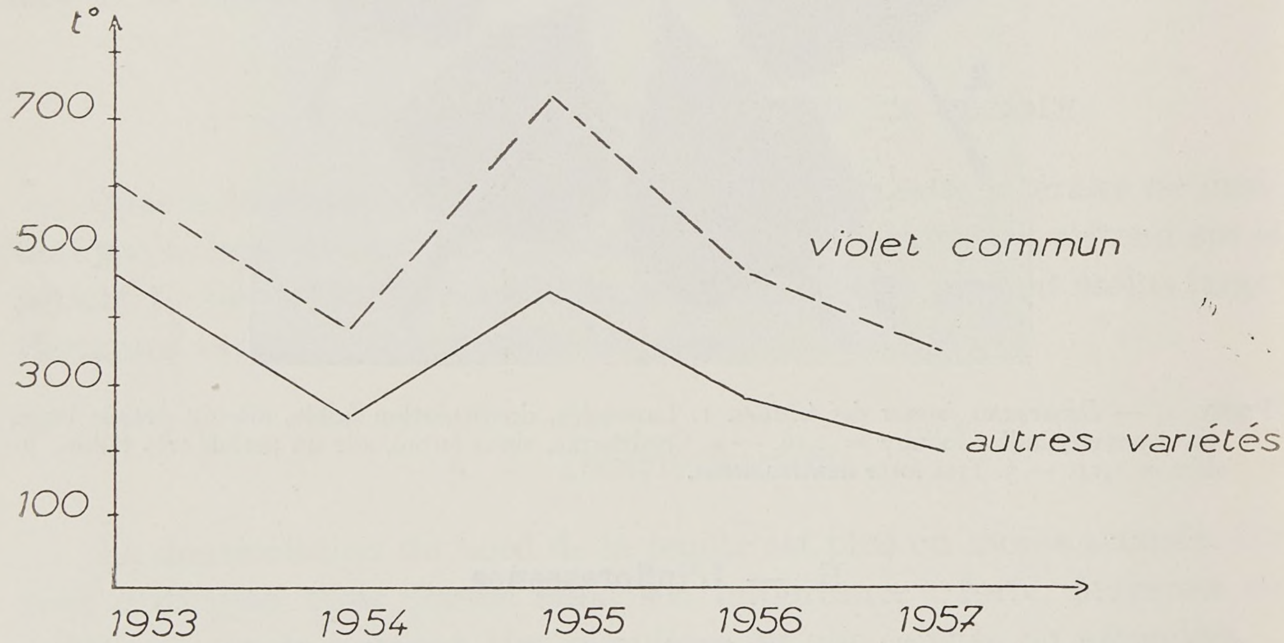


Fig. 3. — Somme des températures « plantation levée » à 5 cm dans le sol.

Il y a peu de différence pour la période « plantation-levée » entre les variétés, sauf pour le groupe *Violet Commun* pour lequel cette période est nettement plus longue. La levée individuelle est généralement, assez échelonnée.

Date de plantation	Levée générale		Levée « Violet commun »	
	Date	Nombre de jours	Date	Nombre de jours
1953 — 2 Mars.........	20 Avril	49	30 Avril	59
1954 — 6 Avril.........	28 Avril	22	9 Mai	39
1955 — 14 Mars.........	27 Avril	44	18 Mai	65
1956 — 30 Mars.........	25 Avril	26	10 Mai	40
1957 — 15 Avril.........	30 Avril	15	10 Mai	25

Les sommes des températures, calculées pour ces cinq années, traduisent les différences ci-dessus. En aucune façon, elles ne peuvent caractériser la phase « plantation-levée » ; les variations annuelles sont dues, très probablement, à l'état du plant au moment de la mise en terre, état différent suivant l'année envisagée (fig. 3).

B. — **La croissance de la tige.**

La formation de la tige et des feuilles diffère assez notablement au début de la végétation. Certaines variétés allongent leurs tiges assez rapidement. D'autres, comme le *Violet commun*, forment les feuilles au ras du sol, sur des tiges à port rampant. Dans notre collection nous avons observé cette tendance sur les variétés suivantes :

Violet Commun	D 19	D 42	S2 41
K 5	D 5	K 6	D 29
L 242 peau rose	Jaune Rouillé	D 2	D 43
S2 10	D 18	L 244 (V)	Progrès



Photo. 3.

On peut supposer que l'activité des auxines de croissance est également répartie sur le pourtour de la tige dans la phase de pré-émergence, à l'abri de la lumière, car les tiges montent toujours bien verticalement dans la terre.

Lorsque la pousse sort du sol, la lumière intense provoque un déséquilibre dans l'activité des auxines et déclenche une courbure au ras du sol. Ces courbures s'orientent à peu près dans toutes les directions. Au bout de quelques jours, l'équilibre correspondant à la phase aérienne se rétablit et la plante croît de nouveau en suivant la verticale.

Si l'on remet des plantes rampantes dans l'obscurité, elles reprennent la position verticale au bout de 10-12 heures.

Ce fait laisse supposer, que la courbure à l'émergence est provoquée par les rayons lumineux, car le temps ensoleillé semble être particulièrement favorable à cette déformation.

Les courbures ne se produisent que dans les zones de croissance active, soit au ras du sol, dès la levée, soit sur les plantes repiquées par exemple, au-dessus d'une portion stabilisée de la tige, à la reprise de la croissance.

Dès ce premier stade de végétation, les plantes présentent déjà des caractères différents, en plus de la hauteur, quant à la coloration, la pilosité, le diamètre de la tige, la forme et la coloration des feuilles.

Les jeunes plantes semblent être résistantes aux gelées printanières car nous n'avons jamais constaté les moindres dégâts depuis 1942 (— 5, — 6 degrés en avril et mai à 5 cm au-dessus du sol).

La croissance des plantes au cours de l'été est assez lente. Ce n'est qu'aux mois d'août-septembre que les tiges s'allongent rapidement à l'approche de la floraison.

C. — **La floraison.**

La variété *Blanc précoce* (D 19) qui fleurit au début d'août, un mois environ avant celles qui lui succèdent immédiatement, forme une catégorie à part.

Les variétés à l'étude se répartissent comme suit quant à leur précocité de floraison :

Très précoce : D 19.
Précoces : *Piriforme rouge, Helianthi,* D 55.
Demi-précoces : DI 42, *Piedallu* 8, V 102, V 72, *Fuseau Vilmorin,* D 30, D 10, *Progrès,* D 26, D 42, *Patate Vilmorin,* D 31, D 50 (V), D 17, D 13 (V), D 16, L 232.
Demi-tardives : D 14, DL 12, D 51, P.V., D 5, *Jaune de Rouillé,* S3 1, V 94, D 52, D 18, *Violet Commun, Industrie.*
Tardives : D 29 et fleurissant rarement : S2 16, *Violet de Rennes,* S2 46.
Variété ne fleurissant pas à Rennes : D 8.

Pour les variétés fleurissant tard, la floraison coïncide souvent avec le premier jaunissement des feuilles, elle n'a donc lieu qu'à l'extrême limite de la période végétative. Ces plantes n'ont donc aucune possibilité de produire des graines sous notre climat.

D. — **La fructification.**

La principale voie possible d'amélioration pour le topinambour est le semis. Or, nous venons de dire que les chances d'obtenir des graines en conditions naturelles sous notre climat sont très limitées.

Deux facteurs sont à considérer : l'action de la température et l'action de la durée du jour.

Action de la température.

Depuis que nous possédons notre collection, deux années ont été vraiment propices à la formation des graines : années 1947 et 1959. Les graines ont pu être récoltées non seulement sur *Blanc précoce* mais aussi sur les variétés plus tardives. Or, ces deux années étaient exceptionnellement chaudes et sèches.

En prenant pour exemple la variété *Fuseau Vilmorin* qui en année normale ne produit jamais de graines, les sommes des températures levée-floraison et floraison-fin de végétation sont les suivantes pour les années 1947 et 1959 et pour les années 1956 et 1957 prises comme terme de comparaison (tableau IV).

TABLEAU IV

Sommes des températures à 2 m sous abri « Fuseau Vilmorin ».

Années	Phases de la végétation		
	Levée-Floraison	Floraison-Fin de végétation	Levée-Fin de végétation
1947...........	2,530	624	3,154 (graines)
1956...........	2,232	462	2,694 —
1957...........	2,343	420	2,763 —
1959...........	2,404	703	3,107 (graines)

Apparemment, la somme des températures de la phase « Floraison-Fin de végétation » est prépondérante pour la fructification.

D'autre part, si nous considérons les variétés *Violet commun* et D 51 (V) qui ne produisent jamais de graines et la variété « D 19 » ou *Blanc précoce* qui arrive à mûrir certaines années, nous voyons que la période « Floraison-Fin de végétation » pour les deux variétés tardives totalise une somme des températures nettement inférieure à celle qu'accumule la variété précoce ; celle-ci a donc beaucoup plus de chances d'aboutir à la fructification (fig. 4 page suivante).

Action de la durée du jour.

Le topinambour est considéré, généralement, comme une plante de jour court, mais en même temps on lui attribue le Canada comme lieu d'origine.

Cependant, plusieurs auteurs européens (DE VILMORIN, STELZNER, VON WETTSTEIN) signalent que pour obtenir des graines fertiles, ils ont

eu recours à la culture dans les pays plus chauds et plus proches de l'équateur (Malaga, Ankara, Égypte).

Une température plus élevée et une photopériode plus courte que celles observées dans nos régions seraient donc nécessaires à la fructification.

Cependant, nos essais de raccourcissement de la durée du jour montrent que les variétés réagissent différemment à ce traitement. Ainsi,

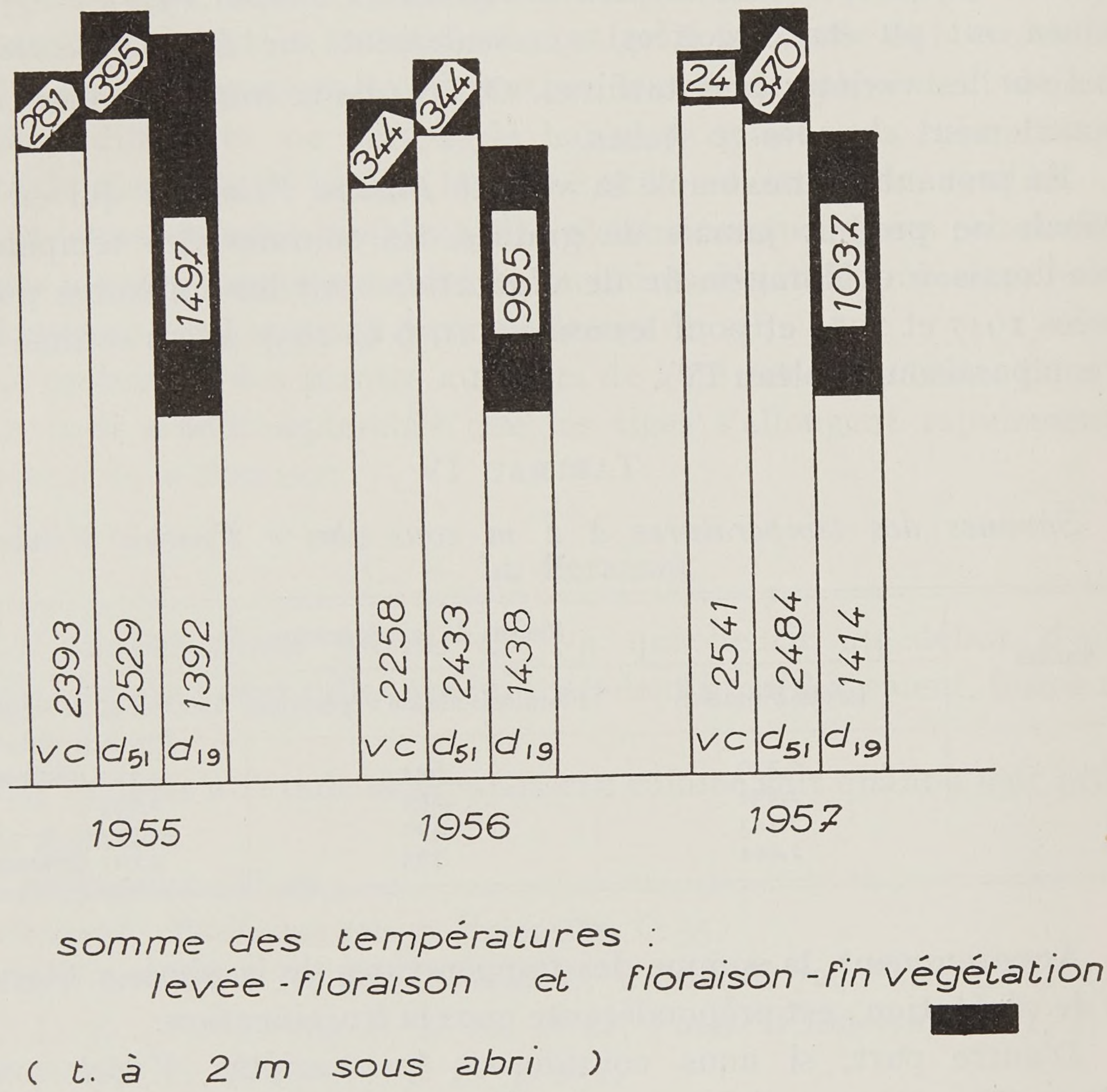


FIG. 4.

le *Blanc précoce* (D 19) semble indifférent au changement de la photopériode, le *Violet Commun* réagit favorablement, par contre le *Patate Vilmorin* subit une dépression végétative assez nette, sans qu'on puisse, d'ailleurs, l'attribuer uniquement à la durée d'éclairement.

Parmi les divers procédés destinés à favoriser la floraison et la production des graines, nous avons essayé :

1° Le greffage sur le tournesol.

2° Les boîtes dites « hollandaises » permettant d'empêcher la tubérisation (1).

(1) Le tubercule est placé sur une ardoise au niveau du sol et est recouvert d'un peu de terre ; le tout est recouvert d'une boîte pour conserver la fraîcheur et produire un certain ombrage. Ce dispositif permet de surveiller facilement la formation des stolons et de les supprimer au fur et à mesure, empêchant ainsi la tubérisation.

3° Le raccourcissement de la durée du jour à 10 heures (de 8 h à 18 h).

Nous référant à des données bibliographiques russes, nous avons aussi pratiqué le procédé de DAVIDOVITCH qui consiste à replier les feuilles du sommet sur l'apex. Nous n'avons pas obtenu de résultats intéressants.

Actuellement nous employons le procédé « mixte », boîtes « hollandaises » et jour de 10 heures. Nous récoltons ainsi des graines en quantité variable et très limitée, principalement sur la variété *Blanc précoce* et *Violet commun*.

Les types que nous avons réussi à obtenir par le semis, jusqu'à présent, produisent en grande majorité des tubercules de mauvaise forme (récolte de 1947). Nous devons spécifier que les graines récoltées ont été obtenues en fécondation libre et nous avons quelques raisons pour penser que l'*Hélianthi* (*H. doronicoides*) qui figure dans notre collection intervient dans cette fécondation en transmettant à la descendance la forme effilée de ses tubercules.

Pour que le travail d'amélioration puisse être raisonné et dirigé, il faut, avant tout, mettre au point la technique de production des graines. L'hybridation, voire l'autofécondation, pourraient alors devenir possibles avec quelque chance de succès.

E. — La fin de la végétation.

1. — FEUILLE.

Le topinambour résiste bien à la sécheresse. Nous n'avons jamais observé de flétrissement à Rennes, même par les plus fortes chaleurs.

Par contre, à la fin de la végétation, le feuillage est très sensible aux premiers froids qui provoquent le desséchement rapide des feuilles, généralement fin octobre-début novembre. Les gelées, même assez faibles, de l'ordre de un ou deux degrés au-dessous de zéro et au niveau du sol, paraissent avoir une influence sur le vieillissement des feuilles.

Leur dessèchement assez brusque met fin prématurément au cycle végétatif d'un bon nombre de variétés.

La rapidité de dessèchement des feuilles apparaît cependant variétale, ainsi les feuilles des variétés suivantes se dessèchent toujours avant les autres :

D 41	D 3
D 31	*Fuseau Vilmorin*
D 43	D 42
Piedallu 8	

Par contre, d'autres variétés gardent leurs feuilles vertes plus longtemps que les autres :

D 2
D 18
Progrès
D 55

2. — Tige.

Si l'on sectionne les tiges, au moment où les feuilles sont desséchées, on constate, certaines années, des différences importantes dans l'état de la moelle. Certaines variétés ont la moelle à l'état vert et turgescent sur presque toute la longueur de la tige. D'autres présentent seulement quelques entre-nœuds contenant la moelle verte et enfin un certain nombre de variétés ont la moelle complètement blanche et spongieuse dans toute la tige.

La formation de la moelle blanche commence toujours par le sommet (inflorescence). *Très probablement cet état de la moelle est caractéristique du degré de maturité physiologique de la tige au moment où les feuilles se dessèchent et traduit par conséquent la véritable maturité de la plante.*

Il n'y a pas de corrélation entre la précocité de la tige et la date de la floraison, pas plus qu'avec la précocité de vieillissement des feuilles à l'automne. Ainsi, la variété *Violet commun* tardive à la floraison et pour la persistance des feuilles est, au contraire, très précoce pour la maturité de sa tige.

Par contre, une certaine relation semble exister entre cette maturité de la tige et la productivité, les variétés productives ont pour la plupart une moelle blanche ou partiellement blanche de bonne heure.

Ainsi, sur 20 variétés les plus productives (moyenne de 3 ans) il y a :

— 6 variétés ayant la moelle blanche à l'automne,
— 12 variétés ayant la moelle partiellement verte,
— 2 variétés ayant la moelle verte,

et sur 20 variétés les moins productives sur trois ans :

— 2 variétés à la moelle blanche,
— 1 variété à la moelle partiellement verte,
— 17 variétés à la moelle verte.

La proportion des variétés ayant des tiges à moelle verte n'est pas la même d'une année à l'autre. Ainsi elle était plus forte en 1956 et moins élevée en 1955 et 1957.

Les sommes des températures pour ces trois années indiquent que l'année 1956 a été la plus froide (tableau V). Les différences annuelles même assez faibles suffisent pour gêner la maturation de la tige de certaines variétés.

Nous voyons aussi que les exigences thermiques sont très différentes suivant la variété envisagée : *Violet commun* mûrit ses tiges avec une somme des températures moindre que la variété D 51 (V) qui n'arrive pas à cette maturité.

TABLEAU V

Sommes des températures (*à 2 m sous abri*).

Période : levée-dessèchement des feuilles.

Années	Violet Commun (moelle blanche)	D 51 (V) (moelle verte)	Blanc précoce (maturité normale)
1955...........	2,675	2,925	2,889
1956...........	2,602	2,778	2,433
1957...........	2,753	2,854	2,451

Cependant, il est probable que la répartition thermique, au cours de l'année, joue un rôle déterminant, car en 1958, année pas plus chaude que l'année 1957 par exemple, toutes les variétés ont mûri les tiges et certaines ont même produit des graines mûres.

F. — **La tubérisation.**

1. — DÉBUT DE LA TUBÉRISATION.

L'émission des stolons commence généralement en juin, assez tôt, sans différence entre les variétés très précoces comme D 19 et les variétés tardives comme *Violet commun*.

L'ébauche du tubercule apparaît au bout de 8 à 10 jours chez la variété précoce et à peine plus tard pour les plus tardives.

A Rennes le schéma général de la disposition des tubercules est acquis vers la mi-août, mais leur formation se poursuit jusqu'en septembre. Les tubercules formés tardivement sont presque toujours très près du pied, plus petits et plus arrondis.

Le grossissement le plus important et le plus rapide se produit à la fin de septembre. Les tubercules plus jeunes peuvent parvenir ainsi sensiblement à la grosseur des plus anciens.

2. — FORME DES TUBERCULES.

D'une façon générale, les gros rendements sont constitués à partir des gros tubercules, or, plus les tubercules récoltés sont gros, plus ils ont tendance à se diverticuler par tubérisation secondaire (et même ternaire quelquefois), produisant souvent de véritables amas.

Dans les terrains pauvres ou trop humides et lourds, ou bien déséquilibrés en éléments fertilisants (carences [1])) les tubercules sont petits, allongés et tout hérissés par les bourgeons proéminents mais sans tubérisation secondaire au niveau de ces bourgeons, aboutissant ainsi encore à une « mauvaise » forme d'un autre genre. C'est seulement dans des terres meubles, riches en matières organiques (terreau, terre des jardins), que la formation de tubercules est abondante et que le grossissement se fait régulièrement sans tubérisation secondaire au niveau des bourgeons.

Ce fait très important donne une des solutions au problème de l'obtention de la « belle forme » de tubercules, en dehors, évidemment, de la solution idéale que représente la création d'une variété productive ayant toujours une « belle forme » quel que soit le milieu. (A ce point de vue, la variété *Violet de Rennes* est actuellement la plus intéressante.)

Dans ce comportement différent suivant le milieu, quant à la forme des tubercules, on distingue nettement deux tendances. D'une part, l'orientation de l'activité vers la formation des réserves, sous forme de grossissement général du tubercule, la tubérisation secondaire et la formation des « bosses » et d'autre part la tendance au développement des bourgeons. Autrement dit, tendance à la tubérisation et tendance au bourgeonnement.

Considérons d'abord la première tendance et son influence sur la forme des tubercules.

Les causes de déformation des tubercules peuvent être d'ordre mécanique ou physiologique.

a) *L'action des causes mécaniques* est très limitée. Nous savons que lorsque le bourgeon terminal se trouve devant un obstacle, un caillou par exemple, gênant son développement normal, il s'arrête dans son évolution et c'est un autre bourgeon qui se développe à sa place formant aussitôt un tubercule secondaire.

Dans une terre très compacte les tubercules se déforment sous l'effet de la résistance exercée par le sol au cours du grossissement.

Essai 1957 : dans du terreau — 3,1 p. 100 de tubercules ramifiés ; dans du limon témoin — 40,5 p. 100 de tubercules ramifiés.

Dans les pieds situés en bordure, le grand nombre de tubercules occasionne simplement le manque d'espace vital et les tubercules se déforment mutuellement.

b) *Les causes physiologiques* semblent avoir une action plus directe sur la tubérisation secondaire.

Si la dominance apicale chez les « fuseaux » est prépondérante pendant la période de formation des tubercules, chez les autres formes cette dominance est beaucoup moins constante.

[1]) Ce genre de tubercules a été observé, entre autres, dans une parcelle de notre champ d'expériences carencé en potasse (sans engrais potassiques depuis 1932).

Il est possible qu'il se produise au cours de la tubérisation des à-coups physiologiques ou des actions hormonales qui modifient la dominance relative des bourgeons, comme le feraient les obstacles successivement présentés devant les bourgeons principaux.

Il est possible aussi que l'afflux des matières de réserve soit très orienté chez les « fuseaux » et que chez les « piriformes » il existe une migration non préférentielle profitant aux bourgeons secondaires.

De toutes façons la dominance des bourgeons au cours de la tubérisation qui détermine la tubérisation secondaire est certainement le résultat d'une activité hormonale, mais nous ne savons pas quelle est sa relation exacte avec le milieu.

Quant à la deuxième tendance, celle qui oriente le tubercule vers le développement de bourgeons, elle s'observe, dans certains cas, assez tôt chez le tubercule. Elle se manifeste chaque fois que le milieu est défavorable à la tubérisation. C'est aussi le cas des bourgeons qui se développent dans la partie stolonale étroite des tubercules piriformes. Ultérieurement, ces bourgeons forment des tiges aériennes.

3. — Influence du tubercule sur la végétation.

Notre attention a été attirée de bonne heure sur le nombre de tiges émises par les tubercules plantés. Nous pensions déjà que celui-ci devait dépendre du nombre de germes assez vigoureux pour se développer éventuellement et pour former des tiges.

En 1954, nous avons choisi et planté deux groupes de tubercules :

— 10 tubercules à un germe principal ;

— 10 tubercules à plusieurs germes vigoureux.

Les premiers ont produit 1,4 tiges par pied ; les seconds 2,9.

a) *Relation entre le nombre de tiges et le nombre de tubercules.*

Lorsqu'un tubercule émet plusieurs tiges, au cours de la végétation, chaque tige de la touffe se comporte, dans une certaine mesure, comme un individu indépendant. Il s'ensuit qu'une telle touffe produit davantage de tubercules qu'une touffe à tige unique.

Une forte densité de plantation limitant, par la compétition, le nombre de tiges par touffe, diminue le nombre de tubercules par plante (tableau VI).

Tableau VI

Essai de densité de plantation — 1959 — *Variété D5* (piriforme).

Densité de la plantation	Nombre moyen de tiges par pied	Nombre moyen de tubercules par pied
20 400 plantes/ha	2,42	34,9
40 800 plantes/ha	2,01	20,0
d ou p. p. d. s. %	0,16	3,6

b) Relation entre la forme et le nombre de tiges et de tubercules par pied.

En comparant deux variétés à formes de tubercules différentes, *Violet de Rennes* piriforme et D 50 (V) fuseau, nous constatons la relation suivante dans un essai effectué en 1959 (tableau VII).

TABLEAU VII

Variétés	Nombre moyen de tiges par pied	Nombre moyen de tubercules par pied
Violet de Rennes	1,76	25,5
D 50 (V)	2,31	31,5
d ou p.p.d.s. %	0,26	4,2

En supposant que le nombre de tiges émises par les tubercules soit en relation avec la tubérisation secondaire de ceux-ci, il serait logique de penser que les tubercules piriformes puissent former davantage de tiges, les formes patates moins et les fuseaux encore moins.

Or, voici ce que nous avons constaté en 1955 et en 1958 sur l'ensemble de notre collection de variétés « piriforme » d'une part, « fuseau » de l'autre (tableau VIII).

TABLEAU VIII

Forme de tubercule	Tubérisation secondaire		Nombre moyen de tiges par pied	
	1955	1958	1955	1958
Piriforme	12,8	18,1	1,63	1,60
Fuseau	3,8	3,0	1,96	2,30

Les fuseaux produisent le maximum de tiges pour le minimum de tubérisation secondaire.

Le comportement de la forme « fuseau » semble donc nous montrer que la dominance apicale au cours de la tubérisation et le développement ultérieur de germes doivent être attribués à des causes différentes.

En résumé, les observations rapportées ci-dessus pourraient s'interpréter schématiquement de la façon suivante :

	Phase tubérisation	*Phase germination*
Piriforme	pas de dominance apicale	dominance apicale
Fuseau	dominance apicale	pas de dominance apicale

4. — ORIENTATION DU GERME PRINCIPAL.

L'idée de vérifier le comportement des germes nous a été suggérée par l'exemple des pommes de terre germées dans les clayettes. Le plus

souvent les tubercules placés « à l'envers », le sommet portant les germes dirigé vers le bas, émettent davantage de pousses que les autres.

Nous avons retrouvé la même idée dans le travail de M. I'so (1955) concernant le topinambour.

Il cite l'expérience suivante :

Six tubercules de topinambour sont plantés dans la position normale, germe dirigé vers le haut et six autres à la même profondeur, le germe dirigé vers le bas. Ces derniers tubercules ont fourni davantage de tiges et leur levée fut plus tardive.

Apparemment on peut conclure à la perte partielle de la dominance du germe principal placé dans une position anormale.

En 1956 nous avons refait cette expérience. Nous avons planté le 4 avril, 24 tubercules de la variété D 5 (piriforme) en position normale et 24 autres, le germe orienté vers le bas.

Nous devons ajouter que sans que nous nous en doutions, notre plant (germe principal) a souffert du froid, en février, lors de l'arrachage.

Le 15 mai, lorsque les plantes étaient bien sorties de terre, nous avons arraché les pieds pour noter le comportement des germes. Nous avons constaté qu'un assez grand nombre de tubercules avaient le germe principal tué ou atrophié, mais malgré cela, les constatations principales étaient les suivantes :

1. — Quelle que soit sa position, le germe principal sain se développait seul, formant une tige vigoureuse (moyenne 1,2 tiges par plante).

2. — Dans le cas où le germe principal était tué, il se formait plusieurs tiges,qu'elle que soit la position du tubercule (moyenne 3,5 tiges par plante).

Il apparaît donc nettement que l'orientation du germe n'a pas joué dans le même sens que dans l'expérience de M. I'so, tout au moins dans les conditions données et pour la variété D 5.

Le même essai entrepris en 1957 confirme les constatations faites en 1956, quant au nombre des tiges et à la prédominance du germe principal qu'il soit dirigé vers le haut ou vers le bas.

En 1959, l'essai a été repris avec la variété *Violet de Rennes* piriforme sous la forme suivante :

a) germe principal dirigé vers le haut ;
b) — — — — le bas ;
c) — — enlevé, apex dirigé vers le haut ;
d) — — — — — — le bas.

Les résultats de cet essai sont portés au tableau IX.

L'orientation du germe principal, coupé ou non, n'entraîne aucune différence pour le nombre de tiges et par conséquent pour le nombre de tubercules. Cependant, sa suppression augmente significativement le nombre de tiges et de tubercules.

Tableau IX

	Nombre de tiges par pied	Nombre de tubercules par pied	
		Total	Non ramifiés
a)........	1,38	26,2	25,6
b)........	1,26	24,2	23,7
c)	1,84	29,1	28,8
d)........	1,79	29,0	28,8
d = ...	0,24	2,4	2,3

Aucun des essais réalisés ne semble donc confirmer les résultats de l'auteur précité.

5. — Essais de tubérisation.

Les essais ont commencé à Rennes en 1953. Leur but était de suivre la formation et le développement des tubercules sur trois variétés : *Blanc précoce* (D 19), D 5 et *Violet Commun*, toutes les trois à tubercules piriformes.

Dans ces essais on se heurte à de grandes difficultés pour obtenir un échantillonnage correct à cause de la variabilité individuelle importante de cette plante. Les quelques résultats déjà publiés sur la tubérisation du topinambour, reflètent bien cette variabilité, les courbes étant souvent affectées de paliers inexplicables (Wettstein, I'so). Il faut sans doute opérer sur un nombre de plantes important et faire des répétitions.

Les prélèvements ont été faits sur dix pieds à la fois, tous les 15 jours, à partir du moment où le poids de tubercules par pied atteignait une centaine de grammes (poids frais). A chaque prélèvement, on notait le stade végétatif, la hauteur, le nombre de tiges, le nombre de tubercules, le poids frais de tubercules, ainsi que leur teneur en matière sèche.

Nous ne pouvons reproduire dans ce travail tous les détails de cinq années d'essais. Cependant, pour résumer ces essais de tubérisation, nous pouvons dresser les schémas suivants :

a) *Évolution du poids de tubercules par pied* (fig. 5).

Ce schéma permet de faire les constatations suivantes :

1° Les trois variétés commencent leur tubérisation à la même époque.

2° Ensuite, l'augmentation du poids de tubercules de la variété *Blanc précoce* est beaucoup plus rapide et atteint son maximum 2 à 3 semaines avant les autres variétés.

3° Le poids de tubercules augmente pendant un certain temps après la dessiccation des feuilles ; très probablement à partir des tiges ou des organes souterrains.

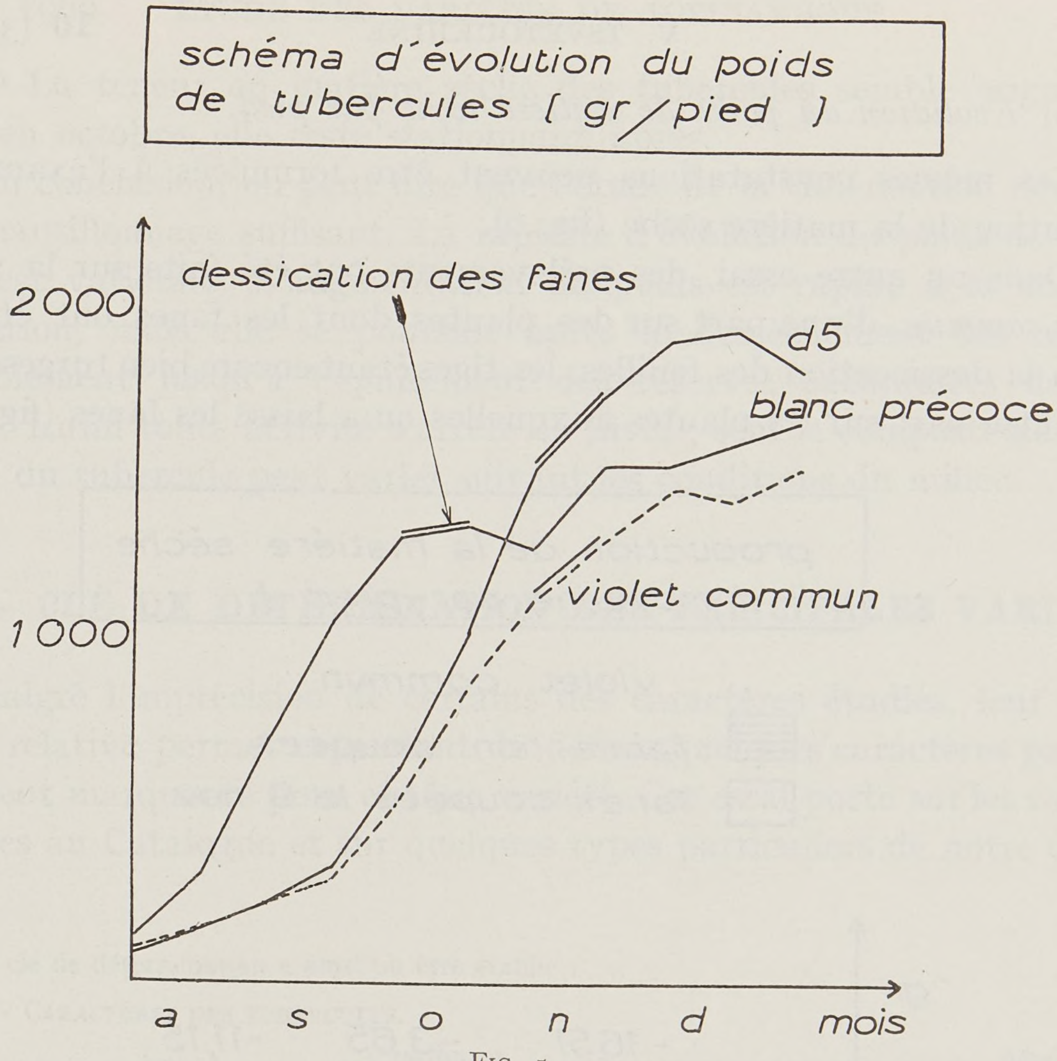

schéma d'évolution du poids de tubercules (gr/pied)
dessication des fanes
2000
1000
d5
blanc précoce
violet commun
a s o n d mois

FIG. 5.

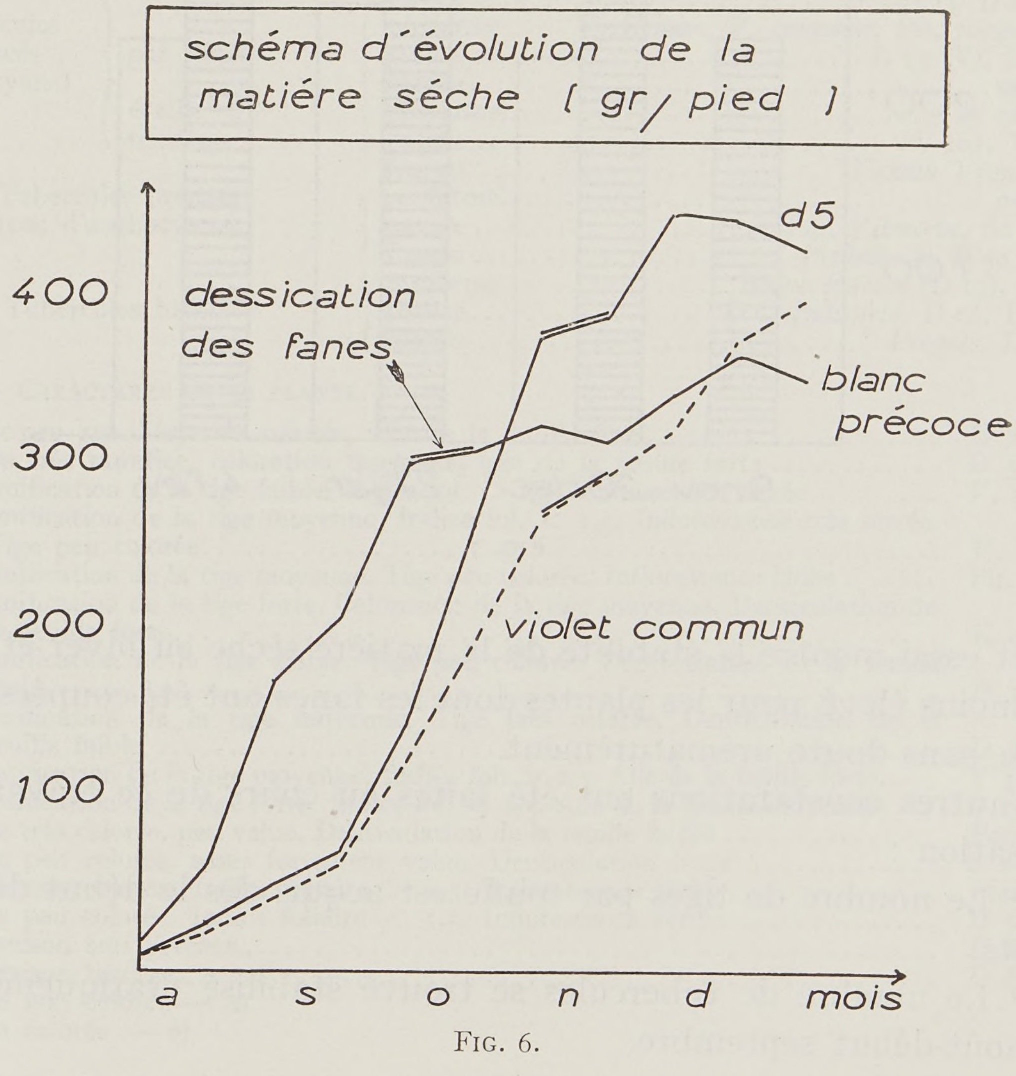

schéma d'évolution de la matiére séche (gr/pied)
400
300
200
100
dessication des fanes
d5
blanc précoce
violet commun
a s o n d mois

FIG. 6.

b) *Évolution du poids de matière sèche par pied.*

Les mêmes constatations peuvent être formulées à l'examen de l'évolution de la matière sèche (fig. 6).

Dans un autre essai, des prélèvements ont été faits sur la variété *Violet commun*, d'une part sur des plantes dont les fanes ont été coupées à la dessiccation des feuilles, les tiges étant encore bien turgescentes, et d'autre part sur les plantes auxquelles on a laissé les fanes (fig. 7).

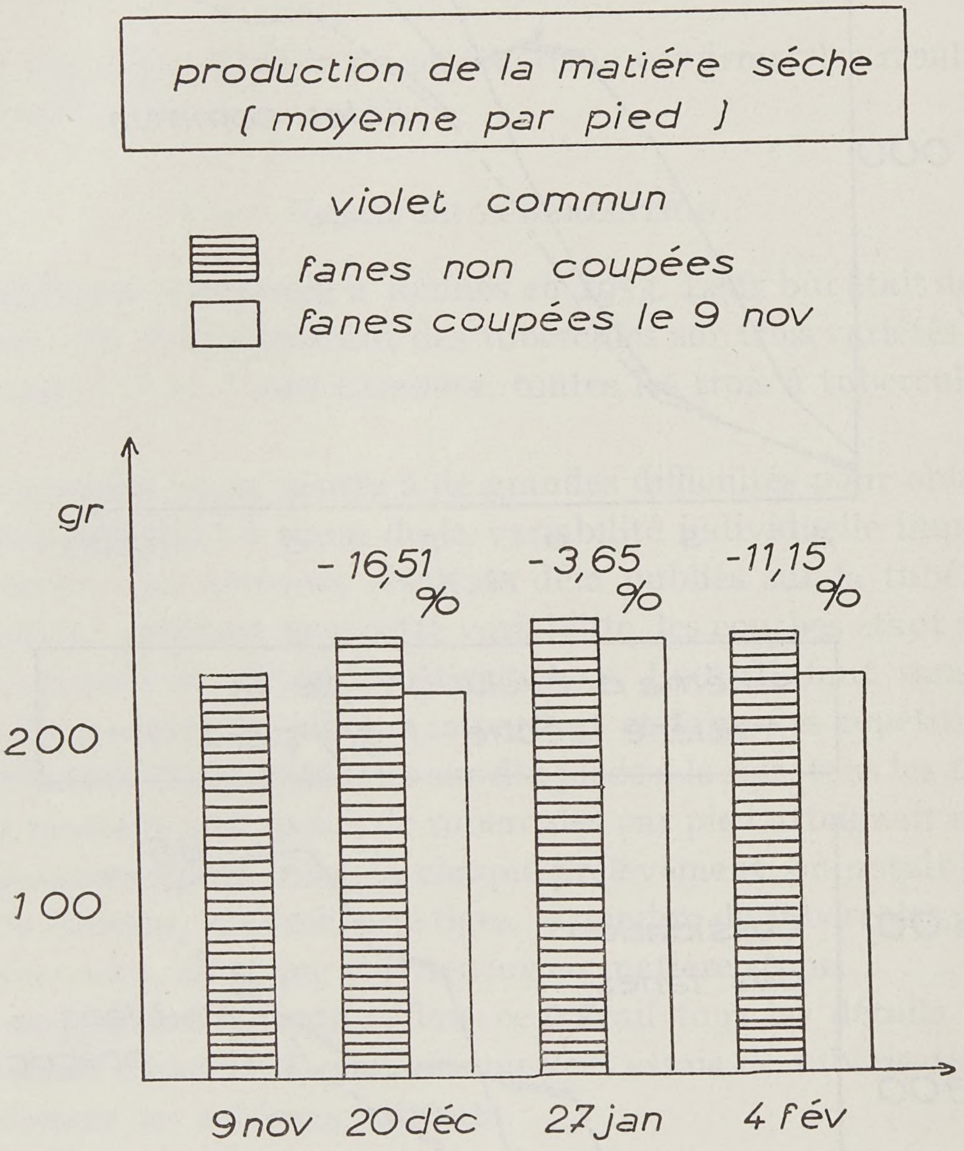


FIG. 7.

Cet essai montre la stabilité de la matière sèche en hiver et aussi le poids moins élevé pour les plantes dont les fanes ont été coupées le 9 novembre, sans doute prématurément.

D'autres constatations ont été faites au cours de ce travail sur la tubérisation :

1° Le nombre de tiges par touffe est acquis dès le début des prélèvements.

2° Le nombre de tubercules se trouve stabilisé pratiquement à la fin d'août-début septembre.

3° La teneur en matière sèche des tubercules semble augmenter jusqu'en octobre, elle reste stationnaire après.

En conclusion, on peut dire que l'étude de la tubérisation nécessite un échantillonnage suffisant. La rapidité d'évolution du poids de tubercules est variétale. L'augmentation du poids est rapide à la fin de la végétation, mais elle se poursuit après le dessèchement des feuilles, probablement jusqu'à l'épuisement des réserves accumulées dans la plante. Enfin toute activité s'arrête en hiver ; seul le comportement hydrique du tubercule peut varier suivant les conditions du milieu.

VI. — CLÉ DE DÉTERMINATION DES PRINCIPALES VARIÉTÉS

Malgré l'imprécision de certains des caractères étudiés, leur abondance relative permet cependant de définir quelques caractères particulièrement marquants pour chaque variété. Cet essai porte sur les variétés inscrites au Catalogue et sur quelques types particuliers de notre collection.

Une clé de détermination a ainsi pu être établie :

1. — Caractères des tubercules.

Tubercules violacés (anthocyane)	uniformément	piriforme	néant	—
		patate	Scott	—
		fuseau	D 55 (V), D 17	1
	par zones	piriforme	*V. Rennes, V. commun,* Pir. rouge, K 4	2
		patate	D 13 (V), D 16	3
		fuseau	néant	—
	écaille teintée	piriforme	néant	—
		patate	V 102, V 72	4
		fuseau	*Fuseau Vilmorin*	—
Tubercules bronzés (pas d'anthocyane)		piriforme	néant	—
		patate	*Pat. Vilmorin,* S2 16	5
		fuseau	*Piedallu* 8, D 50 (V)	6
Tubercules blancs		piriforme	*Blanc précoce* (D 19), *D 5*	7
		patate	*D* 8, *Industrie,* D 18, D 31	8
		fuseau	*Progrès,* D 52	9

2. — Caractères de la plante.

1. —	Tige peu ramifiée, très colorée, aile de la feuille fine	D 17
	Tige très ramifiée, coloration moyenne, aile de la feuille forte	D 55 (V)
2. —	Ramification de la tige faible. Indice fol. > 1,5. Inflorescence serrée	*V. commun*
	Ramification de la tige moyenne. Indice fol. < 1,5. Inflorescence très serrée. Tige peu colorée	*V. Rennes*
	Ramification de la tige moyenne. Tige peu colorée. Inflorescence lâche	Pir. rouge
	Ramification de la tige forte. Coloration de la tige moyenne. Denticulation de la feuille forte	K 4
3. —	Ramification de la tige faible. Tige peu colorée. Denticulation de la feuille forte	D 16
	Ramification de la tige moyenne. Tige très colorée. Denticulation de la feuille faible	D 13 (V)
4. —	Ramification de la tige moyenne. Indice fol. > 1,5. Aile de la feuille forte	V 72
	Ramification de la tige forte. Indice fol. < 1,5. Aile de la feuille moyenne	V 102
5. —	Tige très colorée, peu velue. Denticulation de la feuille faible	*Pat. Vilmorin*
	Tige peu colorée, assez fortement velue. Denticulation forte	S 2 16
6. —	Tige très colorée. Indice foliaire > 1,5. Inflorescence lâche	*Piedallu* 8
	Tige peu colorée. Indice foliaire < 1,5. Inflorescence serrée	D 50 (V)
7. —	Floraison très précoce	*D 19*
	Floraison tardive	*D 5*
8. —	Tige non colorée — *a*)	
	Tige colorée — *b*)	

a) ne fleurit pas à Rennes .. D 8
fleurit et produit des graines certaines années D 31
b) ramification de la tige moyenne, pilosité forte. Ind. fol. < 1,5 D 18
ramification de la tige faible, pilosité faible. Ind. fol. > 1,5......... *Industrie*
9. — Ramification de la tige faible. Coloration moyenne. Inflorescence lâche *Progrès*
Ramification de la tige forte. Coloration forte. Inflorescence serrée........... D 52

CONCLUSION

Les observations tant morphologiques que physiologiques présentées dans ce travail permettent d'entrevoir l'utilisation d'un certain nombre de caractères pour la description et la classification des variétés-clones de topinambour.

En premier lieu, ce sont les tubercules qui, par leur forme et leur coloration, fournissent les éléments les plus stables de la classification. Celle-ci peut être utilement complétée par les caractéristiques de la tige, des ramifications, des feuilles et de l'inflorescence.

Un travail méthodique est encore nécessaire pour confirmer la valeur des divers caractères indiqués : néanmoins, les observations déjà accumulées nous ont permis d'ores et déjà d'établir une clé de détermination.

Enfin l'étude de la tubérisation faite à Rennes confirme les grandes lignes des travaux déjà publiés par divers auteurs. Sur ces bases, un travail plus détaillé est déjà entrepris pour déterminer les bilans fourragers que l'on peut attendre de récoltes plus ou moins précoces des fanes.

Reçu pour publication en juin 1960.

RÉSUMÉ

L'étude de la collection de variétés-clones de topinambour, entreprise depuis 1942 à la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes, a permis d'effectuer un certain nombre d'observations concernant la morphologie et la physiologie du topinambour, celui-ci pouvant servir de base à la description et à la classification des différents types.

Les caractères des tubercules, des tiges, des feuilles et des inflorescences ont été utilisés pour éliminer des synonymies dans la collection.

L'étude physiologique a permis de constater que la plupart des variétés, tout en formant des tubercules, n'arrivent pas à accomplir complètement leur cycle végétatif. Le plus souvent, le développement est arrêté par les premiers froids qui détruisent les feuilles. L'état de la tige indique à ce moment le degré véritable de la maturité de la plante.

Le travail d'amélioration du topinambour sous le climat de Rennes est rendu, de ce fait, difficile, les sommes des températures n'atteignant que pendant les années vraiment chaudes le seuil nécessaire à la maturation des graines.

A l'aide des caractères étudiés une clé de détermination des principales variétés actuelles a été établie.

SUMMARY

Contribution to the study of Jerusalem artichoke varieties (Helianthus tuberosus L.)

By the study of the collection of Jerusalem artichoke varieties and clones, undertaken since 1942 at the Plant Breeding Station of Rennes, it has been possible to observe a certain number of characters concerning morphology and physiology of *Helianthus*, serving as a basis for the description and classification of the different types.

The characters of tubers, stems, foliage and inflorescences have been used in order to strike the synonymies off the collection.

By a physiological study, it has been possible to establish that most varieties, though forming tubers, do not succeed in achieving their vegetative cycle completely. Most often, development is stopped by the first winter cold which destroy foliage. The state of the stem shows, at that time, the true degree of ripeness of the plant.

The breeding work on *Helianthus*, under the climatic conditions of Rennes, is, thereby, rather difficult, because the sums of temperatures reach the necessary values for seed-maturation, only during the really warm years.

Owing to the studied characters, a key to the determination of the main present-day varieties has been established.

Пополнение к изучению сортов топинамбура.

В. ЦВЕТУХИН.

РЕЗЮМЕ

Изучение коллекции сортов-клонов топинамбура производимое с 1942 года на станции мелиорации растений в Рэнне позволило установить известное количество наблюдений, касающихся морфологии и физиологии топинамбура. Эти наблюдения могут быть использованны для описания и для классификации различных типов.

Характеры клубней, стеблей, листьев и соцветий были использованны для устранения синонимов из коллекции.

Физиологическое изучение позволило установить, что большая часть сортов, хотя и образует клубни, но не проходит полностью вегетативный цикл. Чаще всего, развитие остановленно первыми холодами, которые умерщвляют листья. Состояние стебля озиачает, в этот момент, степень настоящей спелости растения.

Благодаря этому, мелиорация топинамбура через посев, под климатом Рэнна, представляет известные трудности; суммы температур достигают порога необходимаго для созревания зерен, только в редкие жаркие года.

Изученные особенности позволили установить ключь определения главных сортов топинамбура.

ZUSAMMENFASSUNG

Beitrag zum Studium der Topinanbursorten

Das Stadium einer Sammlung Topinambursorten (in Form von Klonen) das seit 1942 an der Station d'Amélioration des Plantes von Rennes unternommen wurde, gestattete die Durchführung gewisser Beobachtungen über

die Morphologie und die Physiologie der Topinambur, die als Basis für die Beichreibung und die Klassifikation der verschiedenen Typen gelten kann.

Zur Ausscheidung der Synonymen in der Sammlung wurden die Merkmale der Knollen, der Blätter und der Stengel, der Blütenstände verwendet.

Die Physiologischen Untersuchungen erlaubten festzustellen dass die meisten Sorten, obwohl sie Knollen bildeten, nicht ihren vollständigen vegetativen Zyklus vollenden konnten, weil ihre Entwicklung gewöhnlich durch die erste Kältewelle, die die Blätter zerstört, gestoppt wird. Der Zustand des Stengels gibt dann den wirklichen Reifegrad der Pflanze an.

Unter dem Klima von Rennes wird die Züchtung der Topinambur dadurch erheblich erschwert dass die, für das Reifen derKörner, benötigten Temperatursummen nur während wirklich warmen Jahrgängen erreicht werden.

Mit Hilfe der erforschten Merkmalen konnte eine Erkennungstafel deı wichtigsten Sorten aufgestellt werden.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Baillarge (E.). — *Le Topinambour*, Paris (Flammarion), 187 p., 1942.

(2) Belval (H.) et Lemoyne (S.). — Structure et composition glucidique des tubercules de topinambour. *C. R. Acad. Sci.*, séance du 3 janvier 1945.

(3) Belval (H.). — Biologie du tubercule de topinambour. *Bull. Soc. Chim. Biol.* XIX, 444-447, 1947.

(4) Ceneas. — *Le Topinambour*, 1863.

(5) Diehl (R.), Dupuis (G.) et Tsvetoukhine (V.). — Recherches sur le topinambour. *Annales Amél. Plantes*, **1**, 336-354, 1951.

(6) Fischnich (O.) und Patzold (C.). — Entwicklungsbeeinflussung des Topinambur (*H. tuberosus*) durch Maleinsäurenhydrazid. *Beiträge zur Biol. der Pflz.*, **30**, 3, 327-342, 1954.

(7) I'so Istvan. — *A Csicsoka Termesztése és nemesitésé.* Budapest, 1958.

(8) Lefèvre (J.). — Présentation d'une collection de topinambour. *C. R. Acad. Agric.*, **27**, n° 6, 359-360, 1941.

(9) Lesourd (F.). — Sur l'histoire du topinambour. *Rev. Hort.*, n° 2, 37-38, 1920.

(10) Meunissier (A.). — Les différentes variétés de topinambour. *Rev. Bot. Appl.*, **2**, 135-140, 1922.

(11) Oustimenko (G. V.). — Résultats de l'étude des différences variétales du topinambour. *Izv. Timiriaz. Selskokh. Akad.*, **5**, 24, 103-116, 1958.

(12) Kuppers-Sonnenberg (G. A.). — Auslese und Kreuzungen an der Topinambur seit dem zweiten Weltkriege. *Angew. Bot.* XXXII, 1/2, 52-67, 1958. *Erfolgreiche Topinamburbau*, 1953.

(13) Stchirzya (N. A.). — Croisement Topinambour × Tournesol. *Bull. Acad. Sci. U. R. S. S.* CL Sci. Math. et Natur. Série biol. N° 3, 733-769, 1938.

(14) Vilmorin (R. de). — Échantillonnage et analyse de topinambour. *C, R. Acad. Agric.* XXXII, 3, 122-126, 1946.

(15) Von Hagen. — Die zugelassenen Topinambursorten. *Deut. Landw. Presse*, n° 4, p. 45 et n° 5, p. 63, 1951.

(16) Wagner (S.). — Ein Beitrag zur Züchtung des Topinambur und zur Kastration bei *Helianthus*, *Züchter I.* 1929. — Artkreuzungen in der Gattung *Helianthus. Z. ind. Abst. u. Vererbungslerre.* XI, 76, 146, 1932.

(17) Watson. — Contrib. to a monogr. of the genus *Helianthus. Paper of the Michig. Acad. of sci.* IX, 1928.

(18) Wettstein-Westershein (W. von) und Meyle (A.). — Ueber die Zuchtung von *Helianthus tuberosus. Züchter*, **10**, 9-14, 1938.

519

SUR L'ANALYSE DE LA VARIANCE

I. EMPLOI DE TRANSFORMATIONS

PAR

M. RIVES

Station de Recherches viticoles et d'Arboriculture fruitière,
C. R. A. du Sud-Ouest, Pont-de-la-Maye.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction.

II. — Les transformations.

III. — Application des transformations.

a) Transformation $x' = \text{Arc sin } \sqrt{x}$.

b) Transformation $x' = \sqrt{x}$.

IV. — Application aux échelles de notation.

a) Établissement des échelles.

b) Transformation à appliquer.

V. — Exemples d'applications.

VI. — Conclusion.

I. — Introduction.

L'analyse de la variance est devenue un outil indispensable pour toutes les disciplines biologiques. Il s'agit de mesurer une propriété des données qui semblait à l'origine n'être qu'une source de gêne et d'imprécision, leur *variation*. Utilisée dans l'interpétation des résultats, distribuée en parts assignées aux diverses sources de variation mises en jeu dans l'essai, la variation prend la dimension d'une grandeur caractéristique qui devient souvent plus importante et plus riche en enseignements que les moyennes, dont la relativité apparaît alors en pleine lumière.

L'analyse de la variance est une méthode commode de mesure de la variation — tellement commode qu'elle a pris une place prépondérante et que le souci de l'expérimentateur est souvent d'adapter l'objet de son expérimentation à cette technique, en trouvant le moyen de l'employer malgré des données qui ne s'y prêtent pas immédiatement.

Heureusement la plupart des données que l'on peut rencontrer dans notre discipline sont de nature à permettre une interprétation par analyse de la variance. L'objet de cette note est cependant de signaler que, dans certains cas, il est nécessaire de prendre quelques précautions afin de lui donner toute son efficacité comme outil de travail.

L'analyse de la variance est en effet fondée sur des hypothèses faites sur les données, et on a souvent intérêt à s'assurer que ces hypothèses sont vérifiées.

Tout d'abord la distribution de fréquence des données doit pouvoir être assimilée à la loi normale, de laquelle sont dérivées les lois de probabilités des critères F et t, qui sont utilisés pour le jugement final des significations.

Ces données doivent être obtenues de manière indépendante, c'est-à-dire que la présence dans une case d'un certain résultat n'ait aucune influence sur la probabilité de trouver dans une autre case une certaine valeur.

La variance des données doit être homogène, c'est-à-dire la même pour toutes les données : en effet l'analyse de variance consiste à estimer de plusieurs manières une même variance hypothétique commune à toutes les données. Or, dans beaucoup de cas, on sait à *priori* qu'il n'en est rien ; dans d'autres, on peut le déterminer à *posteriori* sur les données elles-mêmes. C'est le cas bien connu de la loi binomiale, où la variance d'une donnée p,

$$\sigma^2 = \frac{p(1-p)}{n}$$

dépend de p, et nous verrons que cela peut être le cas de données où apparemment rien n'indique une dépendance possible entre variance et moyenne.

Enfin l'analyse de variance reposant également sur des équations du type :

$$x = m + b + t + \varepsilon \qquad (1)$$

qui définissent x, la donnée, comme somme algébrique d'effets attribuables à la moyenne générale, à des sources de variations déterminées, comme les blocs et les traitements d'un essai, et à la variation aléatoire. Il est nécessaire que ces équations aient un sens, c'est-à-dire que les effets rencontrés soient réellement additifs. Ce n'est pas toujours le cas

et on connaît des situations et des types de données où les équations peuvent s'écrire par exemple :

$$x = m \cdot b \cdot t \cdot \varepsilon, \tag{2}$$

les effets étant alors multiplicatifs et non additifs.

Nous nous proposons ici de nous attacher surtout à la condition d'homogénéité des variances.

On dispose actuellement, d'une part d'un critère d'homogénéité des variances, et d'autre part de moyens de remédier dans une certaine mesure à leur hétérogénéité quand elle est reconnue. Nous exposerons plus loin le critère de BARTLETT pour l'homogénéité des variances.

II. — Les transformations.

L'idée de transformation repose sur le fait que l'hétérogénéité se traduit par une liaison entre la moyenne et la variance. Soit (BARTLETT 1947) :

$$\sigma_x^2 = f(m), \tag{3}$$

où σ_x^2 est la variance de x mesuré avec l'échelle originale, m la moyenne. Si nous obtenons la transformée :

$$x' = g(x), \tag{4}$$

nous savons que

$$\sigma_{x'}^2 = \left(\frac{dg(x)}{dm}\right)^2 f(m). \tag{5}$$

Nous posons alors

$$\sigma_{x'}^2 = C^2 \tag{6}$$

d'où, en résolvant l'équation différentielle :

$$g(m) = \int \frac{C dm}{f(m)}. \tag{7}$$

Il reste à s'assurer que la transformée est répartie de manière approximativement normale, que les effets sont additifs et également que les moyennes arithmétiques des transformées représentent, après leur reconversion dans l'échelle initiale, des estimées efficaces des moyennes. Ceci nous amène à concevoir d'ailleurs que l'estimation d'un effet moyen la plus efficace peut se faire quelquefois autrement qu'avec la moyenne arithmétique des données : dans le cas d'effets multiplicatifs, la moyenne géométrique peut avoir plus de valeur que la moyenne arithmétique.

L'hétérogénéité des variances peut cependant résulter d'autres causes que de la loi de répartition des données. C'est le cas par exemple d'essais de traitements comportant un témoin non traité, ou d'essais variétaux où une variété a subi une calamité à laquelle elle est seule

sensible : dans certains essais de fumure, le témoin qui n'a reçu aucun engrais est extrêmement inférieur à tous les autres traitements : cette différence *d'ordre de grandeur* doit faire présumer une variance différente ; il serait vain de s'attendre à ce que des rendements de l'ordre de 10 aient une variance du même ordre que des rendements de l'ordre de 1 000. La solution dans ce cas consiste à éliminer purement et simplement ce témoin de l'interprétation de l'essai en utilisant les techniques de traitements manquants (cf. RIVES 1955). On doit également y penser avant de mettre l'essai en place, surtout s'il s'agit d'un essai complexe où l'interprétation après élimination du témoin peut être malaisée.

III. — Application des transformations

Dans l'amélioration des plantes, les essais de rendements, mis à part le cas de variétés qui se singularisent par un accident quelconque (mauvaise levée des graines, sensibilité imprévue à un parasite) se prêtent bien à l'analyse de variance. Un de nos exemples montrera cependant qu'il y a intérêt à vérifier quelquefois l'homogénéité des variances avant d'analyser des poids.

a) Transformation $x' = \text{Arc sin} \sqrt{x}$

Il est un cas bien connu où une transformation s'impose : c'est le cas de la loi binomiale. Tout le monde sait que quand on veut analyser des pourcentages basés sur un dénombrement, la loi des données est la loi binomiale et l'on doit utiliser la transformation :

$$x' = \text{Arc sin} \sqrt{x} \tag{8}$$

pour stabiliser la variance. Il est bon d'insister sur le fait que ceci n'est valable que pour les pourcentages résultant de *dénombrements* : nombre de plantes survivantes en pour cent des plantes présentes au départ, pourcentages de germination etc.. Il faut également veiller à ce que le nombre de base, celui qu'on prend pour 100 p. 100 soit le même pour toutes les données. En effet, la transformation stabilise

$$\sigma_x^2 = \frac{x(1 - x)}{n}$$

en

$$\sigma_{x'}^2 = \frac{821}{n}$$

si x' est mesuré en degré ; mais σ^2 n'est le même pour toutes les données que si n est constant. Dans le cas où n varierait notablement, il faudra faire une pondération.

A l'inverse, les données exprimées en pourcent d'une *mesure*, par

exemple des rendements ramenés au pourcentage de celui du témoin, restent des *mesures*, avec une nouvelle échelle de mesure simplement, et ne justifient pas la transformation.

b) Transformation $x' = \sqrt{x}$

Les entomologistes qui opèrent sur des dénombrements d'effectifs d'insectes savent également que ceux-ci sont souvent distribués en loi de Poisson, ce qui entraîne une proportionnalité entre la variance et la moyenne, puisque dans cette loi :

$$\sigma_x^2 = m_x.$$

Dans ce cas on utilise la transformation

$$x' = \sqrt{x}$$

ou

$$x' = \sqrt{x + 1}$$

dans le cas où il y a beaucoup de très petits effectifs.

IV. — Applications aux échelles de notation.

a) Établissement des échelles.

L'amélioration des plantes utilise fréquemment des données qui résultent de notations. PONCHET (1955) a discuté les méthodes d'établissement des échelles utilisées. On sait que l'appréciation visuelle est rarement linéaire. Nous avons par exemple noté dans un essai de colza les dégâts de gelée d'après le pourcentage de plantes survivantes, quelques semaines après la reprise de la végétation : les plantes survivantes avaient un bouquet de jeunes feuilles vertes, les plantes mortes étaient encore présentes sous forme d'un moignon de tige jaune brunâtre. Un comptage préalable de plusieurs parcelles différemment éprouvées nous a fourni des repères sur une échelle de 0 à 10 correspondant à des pourcentages de plantes survivantes de 0 à 100 p. 100. En pratiquant des sondages de vérification au cours de la notation nous nous sommes rapidement aperçu que l'œil avait de la difficulté à donner une correspondance linéaire entre le pourcentage réel de plantes survivantes et la note donnée ; aux deux extrémités de l'échelle il avait tendance à donner des notes trop rapprochées du centre de celle-ci, quelques plantes vertes suffisant à créer l'illusion d'un peuplement assez dense de plantes survivantes, et inversement. Sans parler des effets de séquences qui conduisent à noter plus sévèrement une parcelle éprouvée après une parcelle intacte qu'après une parcelle également éprouvée.

On sait aussi que l'appréciation visuelle d'une attaque de maladie

cryptogamique se présentant sous forme de taches de petite taille et très nombreuses, sur une feuille par exemple, conduit à une échelle logarithmique en fonction du nombre réel de taches présentes.

L'œil est donc un instrument qui provoque une distortion de l'échelle réelle.

Mais la notation en amélioration des plantes n'a pas pour but exclusif d'apprécier l'échelle réelle. La connaissance du pourcentage exact de plantes survivantes ou du nombre réel de taches de tavelure sur une feuille n'est pas forcément le but à poursuivre.

En effet ce sont les conséquences ultimes liées à des données réelles qui intéressent le sélectionneur. Dans notre essai de colza, la compensation du peuplement déficitaire par une ramification plus abondante des plantes survivantes a été telle que le rendement des parcelles très éprouvées a été finalement de l'ordre de 70 p. 100 de celui de parcelles peu éprouvées, bien qu'elles n'aient compté que 10 p. 100 de plantes survivantes

En supposant que l'importance de la sensibilité au froid des variétés en essai résulte exclusivement de son effet sur le rendement dans cet essai, la notation la plus efficace, c'est-à-dire celle qui pour le but considéré apportait le plus immédiatement le renseignement cherché aurait dû utiliser une échelle qui faisait correspondre la note 7 à 10 p. 100 de plantes survivantes, et la note 10 à 100 p. 100, en veillant à ce que entre 7 et 10 une variation de 10 p. 100 ait une importance beaucoup plus grande dans le bas de l'échelle que dans sa partie supérieure. Ce qui revient à utiliser entre 7 et 10 une échelle logarithmique par exemple.

Ainsi le sélectionneur doit-il adapter son échelle de notation au but qu'il poursuit en la faisant, et il apparaît qu'il n'est pas nécessaire que la même échelle soit utilisée pour noter un même caractère, si le but poursuivi n'est pas le même.

En effet l'efficacité d'une notation est d'autant plus grande qu'elle fournit de manière *linéaire* une estimation des conséquences ultimes, des *effets* du caractère noté, sur la caractéristique à laquelle l'expérimentateur s'attache, ou à l'inverse des effets d'un traitement sur le caractère noté.

Dans le cas de maladies à taches nombreuses et de petite taille par exemple, le pathologiste qui étudie la virulence des spores de champignons parasites qu'il inocule à une feuille veut sans doute connaître le pourcentage de spores qui, ayant réussi à se développer, provoquent l'apparition d'une tache. L'utilisation de la notation à l'œil et d'une échelle exponentielle le satisfera certainement ; mais le même pathologiste, pour apprécier la valeur de traitements anticryptogamiques qui réduisent le nombre de taches, pour un même inoculum à la même concentration, ne fera œuvre utile que si connaissant la relation entre le nombre de taches et l'effet de la maladie sur le rendement, il modifie son échelle

de notation pour tenir compte de la forme de cette liaison. On peut imaginer que l'augmentation du nombre de taches à partir d'un certain seuil ne provoque plus qu'un abaissement relativement faible du rendement ou au contraire que, provoquant par exemple la chute des feuilles, elle entraîne un abaissement de rendement accru. Dans le premier cas l'échelle naturellement logarithmique de l'œil sera satisfaisante, dans le second c'est une échelle exponentielle par rapport au nombre réel de taches qu'il faudra utiliser.

Cette manière de faire comporte d'ailleurs un avantage statistique : elle assure l'additivité des effets.

On trouvera un exemple d'échelle de notation établi à priori et qui nécessite une transformation logarithmique pour assurer la linéarité dans un article de SCHMALZ (1958). L'échelle de notation concerne le développement d'ébauches florales de plantes de blé, et on compare des variétés différentes par la résistance au froid sous l'influence de quatre traitements de vernalisation. SCHMALZ indique lui-même que « die linear abgestuften Kennziffern mit ihren einheitlichen Zahlenabständen zweifellos den wirklichen « biologischen Abständen » Zwischen den fünf Entwicklungs-Zustanden nicht vollkommen gerecht werden » ; c'est-à-dire : « les notes échelonnées de manière linéaire avec leurs écarts d'une unité ne correspondent sans doute pas complètement aux « distances biologiques » réelles entre les cinq stades de développement ».

Dans un article ultérieur WEILING (1959) a montré comment cette échelle ne satisfaisait pas à la condition de linéarité, et à celle d'homogénéité des variances, et indique les transformations à appliquer pour y remédier.

b) **Transformations à appliquer.**

Les échelles de notation aussi soigneusement qu'elles soient établies, souffrent d'un défaut qui vient de leur nature même.

Telles qu'elles sont établies, elles ont une étendue finie entre une note minimale et une note maximale. On ne peut donc considérer que les données chiffrées qu'elles fournissent sont distribuées en loi normale et ceci est d'autant plus vrai que l'on rencontre plus, au cours de la notation, de cas extrêmes qui entraînent des notes proches du maximum ou du minimum. En effet, « buttant » en quelque sorte sur ces bornes infranchissables, les notes attribuées aux parcelles d'un traitement d'effet extrême ont tendance à être moins dispersées que celles des traitements moyens : leur variance est donc plus faible. Il en résulte que toute notation chiffrée risque de se comporter de manière analogue à celle des pourcentages, la variance étant maximale au milieu de l'échelle et tendant vers zéro aux extrémités. Comme dans le cas des pourcen-

tages, on sera amené à utiliser une transformation du type

$$x' = \text{Arc sin} \sqrt{x}$$

dont l'effet est de contracter l'échelle au centre en la dilatant aux extrémités.

L'extension de l'échelle, en passant par exemple de l'échelle 1 à 5 à l'échelle 1 à 10 ou 1 à 20 est à déconseiller, de même que l'artifice des notes fractionnaires (comme 3,5.)En effet l'expérience prouve que la notation subjective ne peut guère atteindre une précision qui permette de dépasser 5 classes donc 5 notes. Dans le cas où on utilise des échelles plus étendues, on s'aperçoit que les noteurs soit n'utilisent qu'une partie seulement de l'échelle, soit font état de différences illusoires, soit dispersent sur une échelle étendue des notes qui en fait reviennent à une échelle réelle comportant un nombre de classe plus réduit. Il peut arriver cependant que la définition des classes soit suffisamment précise, par exemple au moyen d'une échelle de référence fréquemment consultée, pour qu'on augmente le nombre d'échelons.

Il peut arriver également que malgré l'emploi d'une échelle courte, en l'absence de traitements à effet trop extrêmes et quand l'imprécision de l'appréciation subjective est grande, l'hétérogénéité des variances n'apparaîsse pas et qu'on puisse se dispenser de la transformation.

V. — Exemples d'application.

Dans ce qui suit on trouvera quelques exemples de calcul et d'interprétation de données qui nécessitent des transformations dans certains cas. Nous avons réuni ici des méthodes qui sont dispersées dans les publications, souvent en langues étrangères, ou que nous avons été amené à modifier pour les rendre plus adaptées aux moyens de calcul dont disposent nos collègues de langue française. Nous donnons également les marches à suivre avec des machines couramment employées dans nos stations et qui permettent de simplifier au maximum les calculs.

Exemple 1 :

Il s'agit d'un essai de dégustation de vins au moyen d'une échelle de 1 à 5. L'essai est considéré comme un essai en blocs, les dégustateurs constituant les blocs et les vins les traitements. Le tableau I donne les notes obtenues. Dans les tableaux II et III nous avons, pour la commodité des calculs, inscrit pour chaque vin et chaque dégustateur, respectivement, la distribution de fréquence observée des différentes notes.

La première opération consiste à juger de l'homogénéité des variances.

On utilise pour cela le critère de BARTLETT (1937). Celui-ci utilise le fait que l'expression :

$$\chi^2 = 2{,}302\,59\ (n - 1)\ (a \log \bar{s}^2 - \sum \log s^2) \tag{9}$$

est distribuée comme χ^2 avec $a - 1$ degrés de liberté.

2.30259 est le facteur de conversion des logarithmes décimaux en logarithmes népériens.

n est le nombre d'observations entrant dans le calcul de chacune des variances s^2 que l'on compare entre elles.

a est le nombre de variances comparées.

$\bar{s}^2$ est la variance moyenne obtenue en divisant la somme des sommes de carrés qui fournissent les variances comparées entre elles par an.

TABLEAU I

Vins → / Dég ↓	1	2	3	4	5	6
1	1	1	2	4	1	1
2	1	2	3	4	2	2
3	1	2	3	4	2	2
4	1	3	3	4	2	3
5	1	3	4	4	3	3
6	1	3	4	5	3	3
7	1	4	4	5	3	3
8	2	4	4	5	3	4
9	2	5	4	5	3	4
10	2	5	5	5	4	5

TABLEAU II

Vin	1	2	3	4	5
1	7	3			
2	1	2	3	2	2
3		1	3	5	1
4				5	5
5	1	3	5	1	
6	1	2	4	2	1
	10	11	15	15	9

TABLEAU III

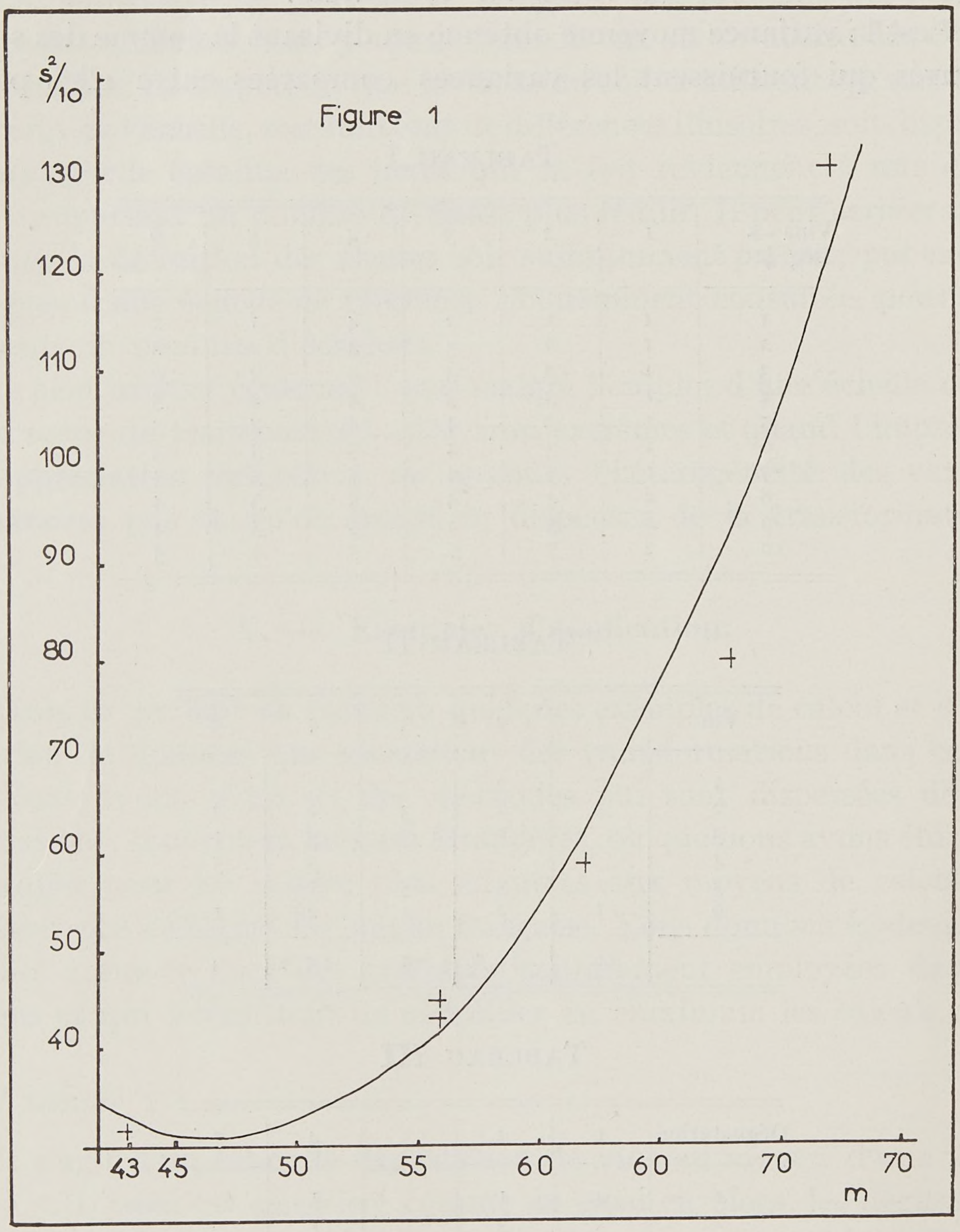
Dégustation	1	2	3	4	5
1	4	1		1	
2	1	3	1	1	
3	1	3	1	1	
4	1	1	3	1	
5	1		3	2	
6	1		3	1	1
7	1		2	2	1
8		1	1	3	1
9		1	1	2	2
10		1		1	4

Tableau IV

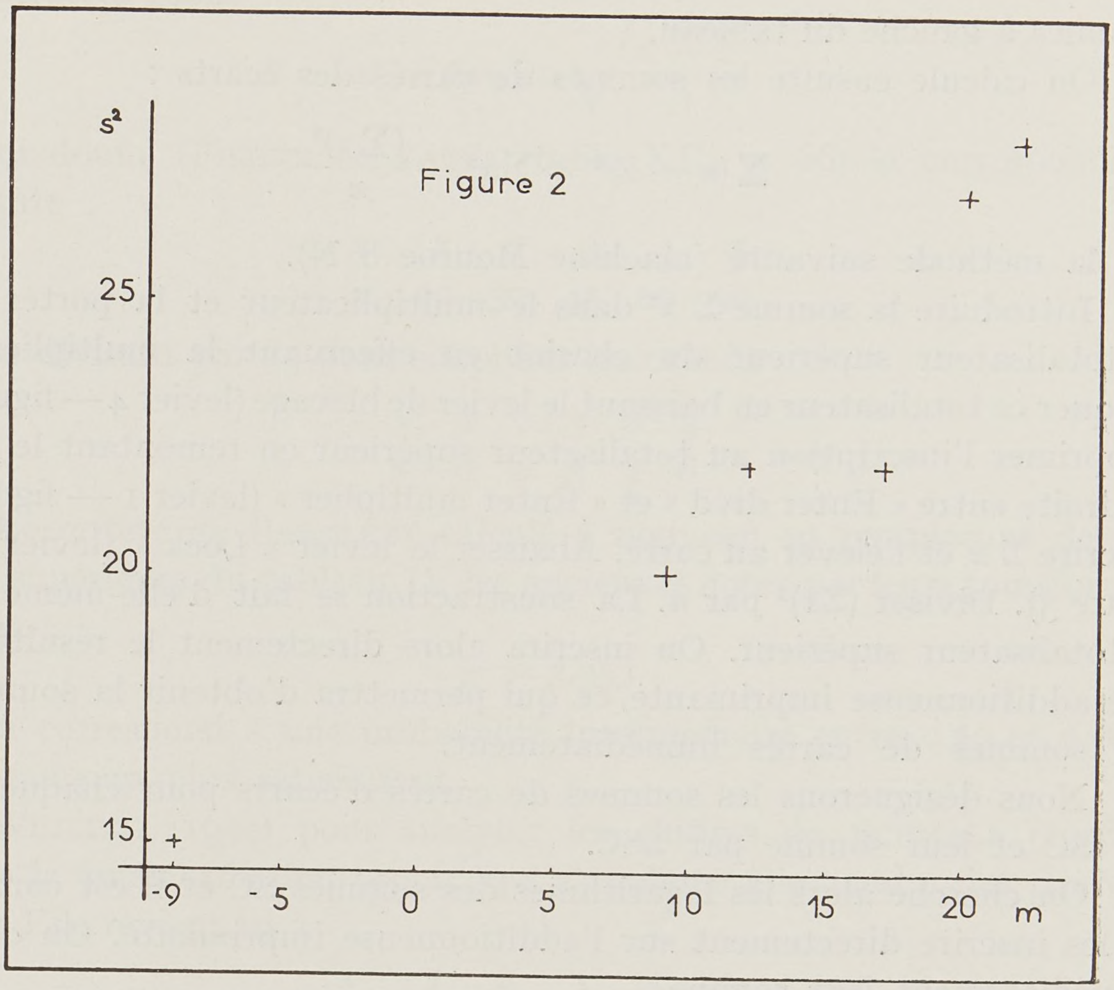
Vins	Σx	Σx^2	$\Sigma(x-\bar{x})^2$	$\log \Sigma(x-\bar{x})^2$		
1	13	19	2,1	0,32222	log SC =	1,65321
2	32	118	15,6	1,19312	– log 6	– 0,77815
3	36	136	6,4	0,80618	$\log (n-1)\bar{s}^2$	0,87506
4	45	205	2,5	0,39794	$6 \log(n-1)\bar{s}^2$	5,25036
5	26	74	6,4	0,80618	– Σ log SC	– 4,60482
6	30	102	12,0	1,07918	Différence	0,64554
			45.c	4,60482		

$\chi^2 = 2{,}30259 \times 9 \times 0{,}64554 = 13{,}378$

$0{,}02 < P < 0{,}05$



Le calcul se dispose au mieux suivant le tableau IV. On traitera séparément les deux tableaux II et III. A la machine on obtient facilement en une seule fois la somme des notes de chaque ligne et la somme des carrés, en multipliant par la fréquence la note inscrite à gauche du clavier


s²
Figure 2
25
20
15
-9
- 5
0
5
10
15
20
m

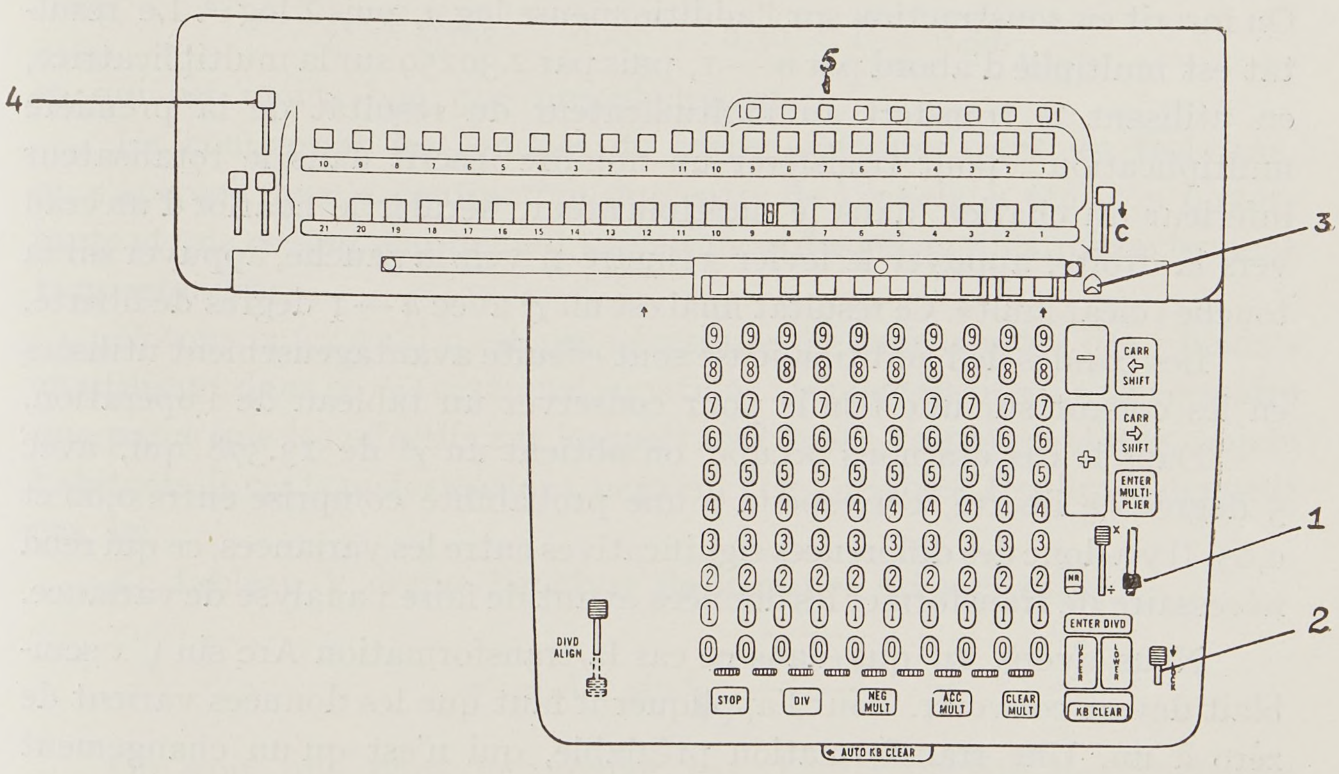

4
5
3
C
CARR SHIFT
CARR SHIFT
ENTER MULTIPLIER
1
2
MR
ENTER DIVD
UPPER
LOWER
DIVD ALIGN
STOP
DIV
NEG MULT
ACC MULT
CLEAR MULT
KB CLEAR
AUTO KB CLEAR

FIG. 3.

et son carré inscrit à droite. Ces deux sommes sont inscrites dans deux colonnes à gauche du tableau.

On calcule ensuite les sommes de carrés des écarts :

$$\sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

par la méthode suivante (machine Monroe 8 N).

Introduire la somme $\Sigma\, x^2$ dans le multiplicateur et la porter dans le totalisateur supérieur du chariot en effectuant la multiplication. Bloquer ce totalisateur en baissant le levier de blocage (levier 4 — figure 3). Supprimer l'inscription au totalisateur supérieur en remontant le levier de droite entre « Enter divd » et « Enter multiplier » (levier 1 — figure 3). Inscrire $\Sigma\, x$ et l'élever au carré. Abaisser le levier « Lock » (levier 2 — figure 3). Diviser $(\Sigma x)^2$ par n. La soustraction se fait d'elle-même dans le totalisateur supérieur. On inscrira alors directement le résultat sur une additionneuse imprimante, ce qui permettra d'obtenir la somme de ces sommes de carrés immédiatement.

Nous désignerons les sommes de carrés d'écarts pour chaque ligne par SC et leur somme par ΣSC.

On cherche alors les logarithmes des sommes SC et il est commode de les inscrire directement sur l'additionneuse imprimante. On obtient immédiatement leur somme.

On cherche le logarithme de ΣSC qu'on multiplie imédiatement par a sur la machine à multiplier et on inscrit le produit sur l'additionneuse. On inscrit en soustraction sur l'additionneuse log a, puis $\Sigma \log s^2$. Le résultat est multiplié d'abord par $n - 1$, puis par 2.30259 sur la multiplicatrice, en utilisant le transfert au multiplicateur du résultat de la première multiplication : pour transférer un nombre inscrit dans le totalisateur inférieur du chariot, dans le multiplicateur, décaler le chariot d'un cran vers la droite, appuyer le levier 3 (figure 3) vers la gauche, appuyer sur la touche « clear mult ». Ce résultat final est un χ^2 avec $a - 1$ degrés de liberté.

Les bandes de l'additionneuse sont ensuite avantageusement utilisées en les collant sur une feuille pour conserver un tableau de l'opération.

Dans le cas qui nous occupe, on obtient un χ^2 de 13.378 qui, avec 5 degrés de liberté, correspond à une probabilité comprise entre 0,02 et 0,05. Il y a donc des différences significatives entre les variances, ce qui rend nécessaire de transformer les données avant de faire l'analyse de variance.

Nous avons vu que dans ce cas la transformation Arc sin $\sqrt{x}$ semblait devoir convenir. Pour l'appliquer il faut que les données varient de zéro à un. Une transformation préalable, qui n'est qu'un changement d'origine et un changement d'unité résout le problème :

$$x' = \frac{x - 1}{4},$$

on utilisera donc :

$$x' = \text{Arc sin} \sqrt{\frac{x - 1}{4}},$$

ce qui donne (FISHER et YATES, table XII, p. 66) la correspondance suivante :

x	1	2	3	4	5
x'	00	30	45	60	90

ou, en divisant par 15 pour simplifier les calculs :

x	1	2	3	4	5
x'	0	2	3	4	6.

Le critère de BARTLETT calculé à nouveau en remplaçant dans la ligne supérieure du tableau IV les anciennes notes par leurs transformées donne :

$$\chi^2 = 3{,}933$$

ce qui correspond à une probabilité intermédiaire entre 0,50 et 0,70 et est beaucoup plus satisfaisant.

WEILING (1959) pour analyser les chiffres de SCHMALZ (1958) a utilisé la transformation probit, qui s'applique elle aussi à des pourcentages. Elle revient ici à

x	1	2	3	4	5
x'	19	43	50	57	81.

En l'appliquant on trouve :

$$\chi^2 = 5{,}162 \qquad \text{donc} \qquad 0{,}30 < P < 0{,}50,$$

ce qui est moins bon que précédemment.

En comparant les sommes de carrés obtenues dans les trois cas, on s'aperçoit que la contraction du centre de l'échelle a été trop importante et que ce sont maintenant les variances des extrémités qui deviennent trop grandes.

Notons enfin qu'il n'est pas nécessaire de tenir compte des « poids » en utilisant dans ce cas ces transformations : la pondération n'est nécessaire que parce que les effectifs sur lesquels sont basés les pourcentages, objets habituels de ces transformations, peuvent être variables. Ils n'interviennent pas ici.

Le tableau V donne l'analyse de variance de x et celle

$$x' = \text{Arc sin} \sqrt{\frac{x - 1}{4}}.$$

On voit que dans le premier cas, l'hétérogénéité des variances conduit à une sous-estimation de l'erreur. On risque donc en ne respectant pas les conditions de l'analyse de variance de trouver trop de différences significatives.

Tableau V

Somme de carrés		D. L.	Carrés moyens	F
x				
Total	101	59		
Vins	56	5	11,2	
Dégustateurs	34	9		46,6
Erreur	11	45	0,24	
$x = \text{Arc sin}\ \frac{x - 1}{4}$				
Total	19533			
Vins	9921	5	19,84	
Dég.	7180	9		36,74
Erreur	2432	45	0,54	

Tableau VI

Dég → Vins ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x
1	4	2	4	2	3	3	3	2	5	3	3,1
2	2	1	3	1	2	2	2	3	3	2	2,1
3	2	2	3	3	1	3	4	4	4	3	2,9
4	3	2	4	5	2	4	4	3	4	3	3,4
5	3	3	3	2	3	4	2	2	3	4	2,9
6	1	2	2	3	1	1	3	2	3	1	1,9
7	4	3	5	4	5	5	4	4	4	4	4,2
8	3	3	3	1	3	4	3	3	5	3	3,1
9	1	3	3	5	3	3	3	3	1	2	2.7
10	3	2	3	2	2	1	4	2	3	2	2,4
11	1	2	4	2	2	4	4	1	2	1	2,3
12	2	2	3	3	3	2	4	1	2	1	2,3
13	4	3	4	4	4	5	4	3	5	4	4,0
14	4	1	3	2	2	1	3	2	4	2	2,4
15	3	3	2	4	3	4	3	3	3	3	3,1
16	3	1	2	1	4	3	3	3	2	2	2,4
x	43	35	51	44	43	49	53	41	53	40	45,2

Tableau VII

Notes → Vins ↓	1	2	3	4	5
1		3	4	2	1
2	2	5	3		
3	1	2	4	3	
4		3	3	3	1
5		3	5	2	
6	4	3	3		
7			1	6	3
8	1		7	1	1
9	2	1	6		1
10	1	5	3	1	
11	3	4		3	
12	2	4	3	1	
13			2	6	2
14	2	4	2	2	
15		1	7	2	
16	2	3	4	1	
Total	20	41	57	33	9

Exemple 2 :

Dans cet exemple (tableaux VI, VII, VIII) qui concerne également une dégustation de vins, le critère de BARLETT donne un χ^2 de 11,584 avec 15 degrés de liberté, ce qui correspond à une probabilité peu différente de 0,75. Il n'y a donc pas lieu de procéder à une transformation, bien que l'échelle soit la même.

TABLEAU VIII

	1	2	3	4	5
1	3	3	6	4	
2	3	7	6		
3		3	8	4	1
4	3	5	3	3	2
5	2	5	6	2	1
6	3	3	4	4	2
7		2	7	7	
8	2	5	7	2	
9	1	3	5	4	3
10	3	5	5	3	
	20	41	57	33	9

Exemple 3 :

Il s'agit cette fois de poids. L'essai en question avait pour but de rechercher si la longueur des racines laissées au moment de la plantation avait une influence sur la reprise des plants racinés de vigne. A cet essai on en a superposé un second ayant pour but d'étudier l'influence d'une couverture du sol par du polyéthylène noir sur le développement des plants. On a choisi comme donnée le poids individuel des plants arrachés à l'automne.

L'essai porte sur six parcelles d'environ 50 plants. Une très forte interaction entre les deux séries de traitements rend l'interprétation impossible sans données supplémentaires.

Le critère de BARTLETT révèle ici une extrême hétérogénéité des variances. Le χ^2 est de 54.719 ce qui avec 5 degrés de liberté correspond à une probabilité inférieure à 0,005.

Nous donnons ici également (tableau IX) le calcul de ce χ^2 car la marche à suivre est compliquée du fait que les effectifs des traitements ne sont pas constants.

On est obligé de calculer effectivement les variances à partir des sommes de carrés. Puis on cherche les logarithmes de ces sommes qu'on multiplie chacun par son nombre de de grés de liberté (n-1) pour obtenir finalement :

$$\sum_{i=1}^{i=a} (n_i - 1) \log s_i^2,$$

$\bar{s}^2$ se calcule toujours de la même manière :

$$\bar{s}^2 = \frac{\sum SC_i}{\sum (n_i - 1)},$$

et on obtient :

$$\chi^2 = 2{,}302\ 59\ [(\sum (n_i - 1)) \log \bar{s}^2 - \sum ((n_i - 1) \log s_i^2)].$$

TABLEAU IX

Traitement	SC	n — 1	1/n — 1	s²	log. s²	(n — 1) log s²
11	19 602	62	0,016 129	316,16	2,499 90	154,993 80
12	20 700	48	0,020 833	431,24	2,634 72	126,466 56
13	24 821	55	0,018 182	451,30	2,654 47	145,995 85
21	64 094	49	0,020 408	1 308,03	3,116 61	152,713 89
22	40 083	50	0,020 000	801,66	2,903 99	145,199 50
23	30 833	52	0,019 281	592,95	2,772 72	144,181 44
	200 133	316	0,114 783			861,551 04

a = 6

$$\bar{s}^2 = \frac{200\ 133}{316} = 633{,}332\ 28$$

$$\log \bar{s}^2 (n - 1) = 2{,}801\ 63 \times 316 = 885{,}315\ 08$$

$$885{,}315\ 08 - 861{,}551\ 04 = 23{,}764\ 04$$

$$\chi^2 = 2{,}302\ 6 \times 23{,}764\ 04 = 54{,}719 \text{ avec 5 dl}$$

$$P < 0{,}005$$

Quand on ne connaît pas la raison de l'hétérogénéité, c'est-à-dire en définitive la distribution de fréquence des données, comme c'est le cas ici, il est bon de rechercher la forme de la loi qui lie s^2 à m. Cela se fait facilement en faisant le graphique de s^2 en fonction de m (figure 1). La relation est nettement curvi linéaire et semble pouvoir être bien représentée par une branche de parabole.

Le calcul de cette parabole se fait en estimant la régression multiple de s^2 sur m et m^2.

On calcule d'abord le tableau des sommes de carrés et de produits entre ces trois variables, ou matrice d'information, d'après les formules classiques:

$$\sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n},$$

$$\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y}) = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}.$$

Le tableau X reproduit les valeurs de s^2, m et m^2 et cette matrice d'information. On constate tout de suite que les valeurs absolues des sommes sont très différentes les unes des autres. Comme ceci conduit dans le calcul à des difficultés pratiques en aboutissant à des chiffres peu maniables, on a avantage à transformer la matrice d'information en matrice de corrélation par la formule classique :

$$r_{xy} = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2},$$

TABLEAU X

$s^2/10$	m	m^2
32	43	1 849
43	56	3 136
45	56	3 136
131	72	5 184
80	68	4 624
59	62	3 844
390	357	21 773

	s	m	m^2
s	6 590	1 629	195 711
m		532	61 254
m^2			7 108 773

Pour ce calcul on utilisera avec avantage la méthode rapide de calcul des racines carrées par division (MONROE sans date).

TABLEAU XI

	s	m	m^2
s	1,000 000	0,870 192	0,904 223
m		1,000 000	0,996 049
m^2			1,000 000

La diagonale de la matrice ne contient que des 1, et on conserve six décimales : les coefficients de corrélation (tableau XI) sont, on le voit, du même ordre de grandeur. On retransformera ultérieurement chaque coefficient de régression obtenu en le multipliant par la racine de la somme de carrés de la variable à laquelle il s'applique, la régression calculée d'après la matrice de corrélation étant :
avec

$$\frac{b_1}{\sigma_1}(x_1 - \bar{x}) + \frac{b_2}{\sigma_2}(x_2 - \bar{x}) + \cdots = 0$$

avec

$$\sigma_i = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2}.$$

Nous donnons ici le calcul de la régression, par la méthode d'inversion progressive de la matrice de corrélation de WOOLF (1951). On ne la trouve en effet en français que dans une mise au point ronéotypée actuellement épuisée (DEMARLY, HUTIN, RIVES 1956).

Le tableau XII reproduit la marche des calculs. Le tableau XIII donne les symboles utilisés dans l'exposition générale de la méthode.

On commence par établir avec soin le cadre du tableau (travailler comme d'habitude au crayon pour pouvoir corriger facilement les erreurs).

On inscrit : $c_{11} = \frac{1}{a_{11}}$. Dans le cas de la matrice de corrélation $c_{11} = 1\,000\,000$

Tableau XII

	0,870 192	0,242 766	
	1,000 000	— 3,584 489	
— 870 192	— 0,870 192 0,904 223	4,119 193 0,996 049	0,002 104
0,534 704 0,534 704	4,119 193 — 3,584 489	— 3,584 489 — 4,119 193	— 73.356 464 — 409,572 719
— 1,016 083	— 0,154 342	— 0,861 741	475,285 171
	15,441 176	59,629 784	— 73,356 464 — 409,572 719 475,285 171

Tableau XIII

$$\begin{matrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2k} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3k} \\ — & — & — & — & — \\ a_{k1} & a_{k2} & a_{k3} & \cdots & a_{kk} \end{matrix}$$

	a_{12}	g		
	c_{11}	$c^1{}_2$		
T	p_1 a_{13}	c'_{22} a_{23}	g'	
S_1 S_2	c'_{11} c'_{21}	c'_{12} c'_{22}	c''_{13} c''_{23}	
P T′	p'_1 a_{14}	p'_2 a_{24}	c''_{33} a_{34}	g''
S_1 S^2 S^3	c''_{11} c''_{21} c''_{31}	c''_{12} c''_{22} c''_{32}	c''_{13} c''_{23} c''_{33}	c'''_{14} c'''_{24} c'''_{34}
P	p''_1	p''_2	p''_3	c'''_{44}

On inscrit au-dessus a_{12}.

On travaillera à 6 décimales, en fixant une virgule à la sixième position du chariot (touche 5, figure 3). Il est bon de placer des repères sur les totalisateurs du chariot de manière à lire facilement les nombres par tranches de deux chiffres et à délimiter sur le totalisateur inférieur la tranche de six décimales qu'on conservera à chaque étape.

On a quelquefois avec les machines à simple chariot des difficultés avec des sommes algébriques dont le résultat est négatif. Pour ne pas avoir à recommencer, inscrire au clavier, tout à fait à droite le complément à dix du chiffre du totalisateur correspondant, puis les compléments à 9

vers la gauche. On lit ainsi la valeur absolue du résultat. Vérifier en effectuant l'addition qu'on annule bien l'affiche du totalisateur.

On calcule

$$P_1 = - a_{11} c_{11},$$

puis

$$g = a_{22} + p_1 a_{11} \qquad 0 < g < a_{22}$$

$$c'_{22} = \frac{1}{g}$$

$$c'_{12} = p_1 c'_{22}.$$

Disposer ces chiffres dans les cases correspondantes du tableau. Puis on passe au second cadre, où l'on reporte c'_{12} et c'_{22}. La matrice inverse étant symétrique $c'_{21} = c'_{12}$

Calcul de c'_{11} :

$$c'_{11} = c_{11} + p_1 c'_{12}.$$

Calculer

$$S_1 = c'_{11} + c'_{12} : S_2 = c'_{21} + c'_{22} : T = S_1 + S_2.$$

Inscrire a_{13} et a_{23} en haut du cadre

Calcul de

$$p'_1 = - (a_{13} c'_{11} + a_{23} c'_{21})$$

$$p'_2 = - (a_{13} c'_{12} + a_{23} c'_{22}).$$

Calcul de

$$P = p'_1 + p'_2.$$

Vérifier que

$$a_{13} S_1 + a_{23} S_2 = - P.$$

Calcul de

$$g' = a_{33} + p'_1 a_{13} + p'_2 a_{23} \qquad 0 < g' < a_{33}.$$

Calcul de

$$c''_{33} = \frac{1}{g'}$$

$$c''_{13} = p_1 c_{33}$$

$$c''_{23} = p_2 c_{33}.$$

Calculer

$$Q = c''_{13} + c''_{13}.$$

Vérifier que

$$gQ = P.$$

Vérifier que

$$a_{13} c''_{13} + a_{23} c''_{13} + a_{33} c''_{13} = 1.$$

Calculer les éléments du troisième tableau (matrice inverse d'ordre 3) après y avoir reporté

$$c''_{13} \quad c''_{23} \quad c''_{33}$$

$$c''_{11} = c'_{11} + p_1 c''_{13} + p_2 c''_{23}$$

$$c''_{12} = c'_{11} + p_1 c''_{23} + p_2 c''_{33} = c''_{21}.$$

Calculer

$$S'_1 = c''_{11} + c''_{12} + c''_{13},$$

ainsi que S'_2 et S'_3 et T'

Vérifier que

$$T' = T + c''_{33} + Q(P + 2).$$

Les vérifications sont absolument impératives à partir de l'ordre 3. En général elles sont exactes jusqu'à la cinquième décimale.

On peut ainsi continuer tant qu'il reste des rangs et des colonnes dans la matrice.

A chaque stade la matrice des c est l'inverse de la matrice ayant le même nombre de lignes et de colonnes à partir de l'élément en haut à gauche (a_{11}) de la matrice d'information.

L'élément c_{11} est l'inverse de la variance résiduelle de la variable n° 1, après régression sur les autres variables. Dans notre cas l'analyse de la variance de s^2 s'écrit de la manière suivante ; (en supposant la variance de s^2 égale à 1 au départ) :

Tableau XIV

	Degrés liberté		Variance			Carrés moyen		F	t^2
	Résid.	Régres	Résiduel	Due à la régres.	Due à la dernière variable	Régres	Résiduel		
Total........	5	0	1,000000	—	—	—	—	—	—
Régres. sur m	4	1	0,242766	0,757234	0,757234	0,757234	0,060691	12,477*	
Régres. sur m et m²	3	2	0,064762	0,935238	0,178004	0,467619	0,021587	21,663*	8,246 NS

La variance due à la régression est la différence entre la variance totale et la variance résiduelle. La variance due à la dernière variable, la différence entre deux résiduelles successives :

$$0{,}178\,004 = 0{,}242\,766 - 0{,}064\,762$$

Les F sont ceux de la comparaison régression : résiduelle.

Les t^2 (F avec un degré de liberté pour le numérateur) sont relatifs à la comparaison dernière variable : résiduelle).

Le point en haut à droite indique la signification au point 5 p. 100.

La ligne supérieure de la dernière matrice correspond à la régression cherchée — On a :

$$15{,}441\,176\,(s^2 - \overline{s^2}) + 59{,}629\,784\,(m - \overline{m})\;73{,}356\,464\,(m^2 - \overline{m^2}) = 0.$$

On en déduit facilement l'expression de l'une quelconque des variables en fonction des autres, en remplaçant les moyennnes par leurs valeurs et en résolvant. Dans notre cas il faut auparavant faire la transformation de chaque coefficient pour tenir compte du fait qu'on est parti de la matrice des coefficients de corrélation et non de la matrice d'information elle-même.

L'équation cherchée est, après résolution :

$$s^2 = 1{,}44m^2 - 136m + 3\,516.$$

En se reportant à l'équation (7) nous sommes amenés à calculer la transformation :

$$g(m) = \int \frac{\mathrm{C}dm}{\sqrt{1{,}44m^2 - 136m + 3\,516}},$$

suivant la méthode classique on met le trinome sous forme canonique et on est amené à poser :

$$u = \sqrt{\frac{m - 47{,}2}{14{,}55}}.$$

On est alors ramené à l'intégrale :

$$g(m) = \mathrm{C} \int \frac{du}{\sqrt{u^2 + 1}}$$

qui est :

$$g(m) = \mathrm{K}\ \mathrm{Arg}\, shu = \mathrm{K}\left[\log_e\left(u + \sqrt{u^2 + 1}\right)\right].$$

On peut donc prendre, aux constantes près :

$$g(x) = \log\left[\frac{x - 47{,}2}{14{,}55} + \sqrt{\left(\frac{x - 47{,}2}{14{,}55}\right)^2 + 1}\right].$$

Comme nous ne disposons pas d'une table suffisante de la fonction Arg sh x et qu'il serait impraticable de calculer la table nécessaire pour couvrir l'ensemble des données, nous avons groupé pour les calculs les données en classes de 10 en 10 grammes et calculé seulement les 16 transformées des moyennes de classes nécessaires (tableau XV).

TABLEAU XV

x	u	$u^2 + 1$	$u^2 + 1$	$\log\left[u + \sqrt{u^2+1}\right]$	x'	x'^2
14,5	— 2,247	6,0490	2,459	— 69465	— 69	4,761
24,5	— 1,560	3,4336	1,853	— 53313	— 53	2,809
34,5	— 0,873	1,7621	1,327	— 34294	— 33	1,156
44,5	— 0,186	1,0346	1,017	— 08040	— 8	64
54,5	0,502	1,2520	1,119	20978	21	441
64,5	1,189	2,4137	1,554	43823	44	1,936
74,5	2,563	7,5690	2,751	72542	73	5,329
84,5	3,251	11,5690	3,401	82295	82	6,724
94,5	3,938	16,5078	4,063	90314	90	8,100
104,5	4,625	22,3906	4,732	97114	97	9,409
114,5	5,313	29,2280	5,406	1,03015	103	10,609
124,5	6,000	37,0000	6,083	1,08218	108	11,664
134,5	6,697	45,7160	6,761	1,12866	113	12,769
154,5	7,375	55,3906	7,442	1,17076	117	13,689
164,5	8,062	65,9958	8,124	1,20914	121	14,641
184,5	8,749	77,5450	8,806	1,24439	124	15,376

Le critère de BARTLETT appliqué aux variances ainsi obtenues donne un χ^2 de 7,045, ce qui, avec 5 degrés de liberté, correspond à une probabilité comprise entre 0,20 et 0,30. Le graphique 2 montre encore une

relation linéaire entre variance et moyenne, mais la variation semble assez faible cependant pour ne plus être significative.

Cet exemple montre le parti qu'on peut tirer dans des cas spéciaux de la méthode générale. Mais il met en jeu des calculs compliqués et l'on risque bien souvent de se trouver devant la nécessité de calculer soi-même une table de la transformation nécessaire.

VI. — Conclusion.

En pratique les transformations $x' = \text{Arc sin} \sqrt{x}$ pour les données en pourcentages issues de dénombrement ou pour les données d'échelles numériques où le critère de BARTLETT indique que les variances sont hétérogènes, $x' = \sqrt{x}$ pour les données de dénombrement d'effectifs variables, et les cas où il y a une relation linéaire entre s^2 et m confirmé par le critère de BARTLETT, $x' = \log x$ pour les cas où il y a une relation linéaire entre s et m, semblent suffire. Il est facile d'en trouver des tables bien adaptées à cet usage.

Ce qui importe c'est de se méfier de l'application routinière de l'analyse de variance et de vérifier l'homogénéité des variances au moyen du critère de BARTLETT. En effet l'hétérogénéité des variances peut se traduire par une augmentation de l'interaction traitements × répétitions qui est d'autant plus dangereuse que celle-ci est confondue avec l'erreur et indécelable, ou au contraire comme nous l'avons vu à une sous estimation de l'erreur. Cette interaction résulte le plus souvent de l'impropriété de l'échelle de mesure en ce qui concerne les effets à mesurer. L'avantage de la transformation est donc double puisque l'on obtient des estimées plus efficaces des effets que l'on veut mesurer, tout en supprimant les biais (erreurs systématiques) dans l'estimation de l'erreur, qui conduiraient à trouver soit trop, soit trop peu de cas de significations.

RÉSUMÉ

L'utilisation des transformations dans le cas où les variances sont hétérogènes est exposée sur des exemples concrets. Le cas particulier de la mise au point des échelles de notation est envisagé de ce point de vue. La pratique des méthodes proposées est exposée en détail en insistant sur le calcul mécanique.

SUMMARY

Variance-analysis. — I. Use of transformations.

The use of transformation when variances are heterogeneous is dealt with on examples. The special case of the design of scoring scales is discussed from this point of view. The handling of the proposed methods is stressed upon, with special care for calculating machine techniques.

ZUSAMMENFASSUNG

Uber die Varianzanalyse
Anwendung der Transformationen.

Die Anwendung der Transformationen im Falle von heterogenen Varianzen wird unter Zuziehung konkreter Beispiele erklärt. Der spezielle Fall der Einstellung der Notationsskalen wird in dieser Hinsicht betrachtet. Die praktische Anwendung der dargestellten Methoden, mit besonderer Berücksichtigung des mekanischen Rechnungsverfahrens, wird im Einzelnen erklärt.

Об анализе варианции. Употребление трансформаций.

М. РИВ.

РЕЗЮМЕ

Употребление трансформаций при случае гетерогентных варианций изложенно на конкретных примерах. Частный случай усовершенствования шкалы отметок разсмотрен с этой точки зрения. Практика предложенных методов изложенна детально настаивая на механическом вычислении.

Reçu pour publication le 4 *novembre* 1960.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARTLETT (M. S.). — The use of transformations. *Biometrics,* **3**, 1, 39-52, 1947.

DEMARLY (Y.), HUTIN (C.) et RIVES (M.). — Éléments de calcul matriciel. Brochure ronéotypée, I. N. R. A., Versailles, 1956.

FISHER (R. A.) and YATES (F.). — *Statistical tables for biological, agricultural and medical research.* Oliver and Boyd, London, 4e edition, 1953.

MONROE. — Monroe table of dividing factors for square roots. (sans date).

PONCHET (J.). — Conférence sur les échelles de notations au Stage des Jeunes Chercheurs de l'Amélioration des Plantes, Versailles, février 1955.

RIVES (M.). — Méthodes d'analyses pour des essais incomplets. *Annales Amél. Plantes,* **5**, 103-118, 1955.

SCHMALZ (H.). — Die generative Entwicklung von Winterweizensorten mit unterschiedlicher Winterfestigkeit bei Frühjahrsaussaat nach Vernalisation mit Temperaturen unter- und oberhalt des Gefrierpunktes. *Züchter* **28**, 193-203, 1958.

WEILING (F.). — Die Bedeutung der Transformation für die Versuchsanalyse insbesondere bei Bonituren mit beliebiger Breite der Boniturskala. *Züchter* **29**, 281-284, 1959.

WOOLF (B.). — Computation and interpretation of multiple regressions. *J. Roy. Statist. Soc.* 47, 100-119, 1951.

LA DICHOGAMIE CHEZ LE SEIGLE

PAR

A. BERBIGIER

Station d'Amélioration des Plantes, Clermont-Ferrand

La dichogamie est définie comme un décalage dans le temps entre l'émission du pollen et la réceptivité des stigmates. Quand l'émission du pollen intervient d'abord, il y a dichogamie protandre. C'est le cas général chez les Graminées à fécondation croisée. On a cherché à reconnaître l'existence d'une telle dichogamie chez le Seigle et à déterminer son influence possible sur l'autostérilité de l'espèce.

Matériel et méthodes

Un essai a été établi à Clermont-Ferrand, en 1959 ; cet essai a porté sur six variétés de Seigle :

Carstens, Grand Crouelle, Dominant, Celestins, Petkus, Petkus RAGT (sélection massale dans *Petkus*).

Dans chaque variété, on a ensaché :

1 fois 4 épis (1 × 4) sur environ 30 plantes, soit 1 sachet à 4 épis par plante,

2 fois 2 épis (2 × 2) sur environ 30 plantes, soit 2 sachets à 2 épis par plante,

4 fois 1 épi (4 × 1) sur environ 30 plantes, soit 4 sachets à 1 épi par plante.

Dans tous les cas, les quatre épis ensachés de chaque plante sont les quatre épis-maîtres ; il y a identité entre les traitements à ce point de vue. Les plantes soumises à autofécondation n'ont fait l'objet d'aucun choix.

Pour autoféconder le Seigle, on ensache après l'épiaison, l'épi étant, en général, bien dégagé de la gaine. Ce travail est facilité par le décalage (au moins une semaine) existant entre l'épiaison et le début de la floraison

des épis-maîtres. On utilise, pour l'ensachage, des sachets en cellophane ordinaire qu'on ferme dans le bas avec un cellotwist.

Afin de limiter la casse sous épi, ces sachets sont reliés par une ficelle à des fils de fer supports tendus au-dessus de la pépinière.

Résultats

Les résultats obtenus pour chaque traitement sont donnés sous forme de graphiques ; on a porté en abscisse les nombres de grains par plante, en ordonnée les fréquences (nombre de plantes) dans chaque classe.

A partir de 13, le nombre de grains par plante varie de façon discontinue dans les traitements et on a constitué des classes d'intervalle 7. Chaque graphique comporte deux parties, l'une qui concerne la variation du nombre de grains par plante de 0 à 12, l'autre la variation au-delà de 12.

Les résultats d'ensemble sont groupés dans le tableau ci-dessous :

	Traitements			
	1 × 4 épis	2 × 2 épis	4 × 1 épi	Total
Total des grains obtenus	1335	1432	1005	3772
Total des plantes autofécondées ..	146	176	157	479

S'il n'y a pas de différence significative entre les traitements, le nombre moyen de grains par plante obtenus en autofécondation, μ, doit être le même pour les trois traitements. Dans cette hypothèse, on a :

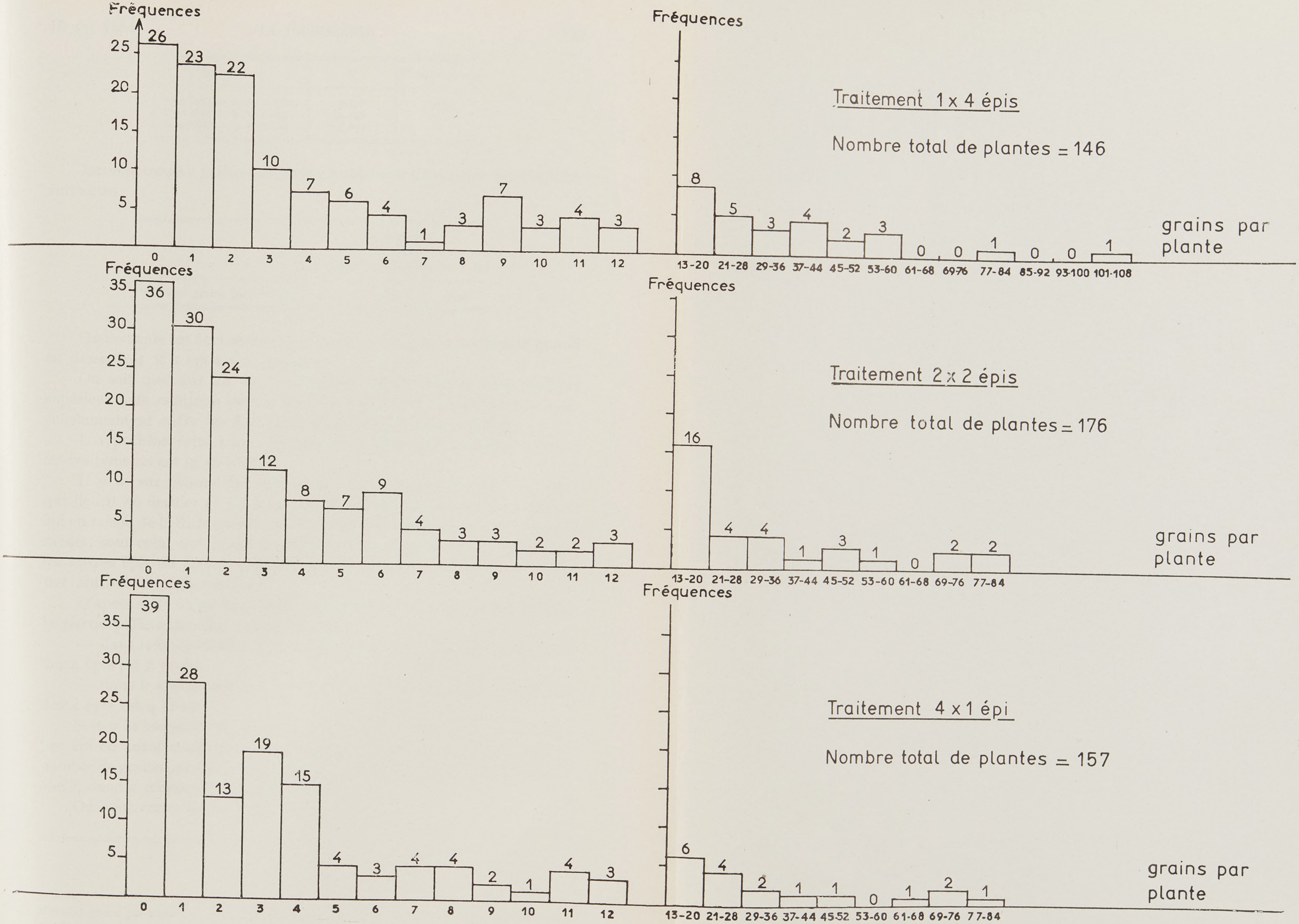
$$\mu = \frac{3772}{479} = 7{,}8747.$$

A partir de cette valeur de μ, on peut dresser le tableau suivant :

	Traitements		
	1 × 4 épis	2 × 2 épis	4 × 1 épi
Total des grains observé O............	1335	1432	1005
Total des grains calculé C	1149,7	1385,9	1236,3
O — C	+ 185,3	+ 46,1	— 231,3
$\frac{(O - C)^2}{C}$	29,865	1,533	43,274
	$\chi^2 = 74{,}672$		

La valeur de χ^2 au seuil 0,01, pour deux degrés de liberté, est 9,210 ; globalement, les trois traitements diffèrent donc très significativement.

Il y a également des différences très significatives lorsqu'on compare les traitements deux à deux.



Nombre de plantes en fonction du nombre de grains par plante obtenus en autofécondation. — Diagrammes des fréquences.

Traitements	χ^2	χ^2 au seuil 0,01
1 × 4 épis — 2 × 2 épis..	9,426	6,635
2 × 2 épis — 4 × 1 épi...	34,146	—
1 × 4 épis — 4 × 1 épi...	73,697	—

Les moyennes « grains par plante » obtenues dans notre essai sont les suivantes :

	Traitements		
	1 × 4 épis	2 × 2 épis	4 × 1 épi
Moyenne grains par plante.	9,14	8,14	6,40

On constate un accroissement du nombre de grains par plante quand on passe de 4 × 1 épi à 1 × 4 épis.

On sait que, sur un épi, la floraison débute vers la base du tiers supérieur puis continue vers le haut et vers le bas ; de même, il y a un échelonnement entre les floraisons des épis d'une même plante.

L'hypothèse faite pour expliquer les différences constatées entre les traitements est la suivante :

Il y a, sur chaque épi, une partie n (principalement base de l'épi) qui fleurit en dernier et qui n'est pas fécondable par le pollen du même épi en raison de la dichogamie ; quand on met plusieurs épis sous un même sachet, seul celui qui fleurit en dernier a une partie non pollinisable ; les autres épis du sachet peuvent être entièrement pollinisés, à la fois par auto et interfécondation.

D'après cette hypothèse, dans le traitement 1 × 4 (4 épis par sachet), la partie pollinisable des 4 épis est $4\text{-}n$;

— dans le traitement 2 × 2 (2 épis par sachet), la partie pollinisable des 4 épis est $2\ (2\text{-}n)$;

— dans le traitement 4 × 1 (1 épi par sachet), la partie pollinisable des 4 épis est $4\ (1\text{-}n)$.

Soit p la moyenne théorique (en l'absence de dichogamie) de grains par épi en autofécondation (p représente la limite vers laquelle tend le nombre de grains par épi quand le nombre d'épis ensachés par pied devient élevé, donc n relativement négligeable).

On peut écrire les trois égalités ci-dessous :

	Traitements		
	1 × 4 épis	2 × 2 épis	4 × 1 épi
Moyenne grains par plante..........	$9{,}14 = p(4 - n)$	$8{,}14 = p(4 - 2n)$	$6{,}40 = p \times 4(1\text{-}n)$

On en tire trois équations et trois valeurs de n qui montrent une bonne concordance :

$$\frac{4(1-n)}{4-n} = 0{,}700 \qquad n\,1 = 0{,}364$$

$$\frac{4(1-n)}{4-2n} = 0{,}786 \qquad n\,2 = 0{,}352$$

$$\frac{4-2n}{4-n} = 0{,}890 \qquad n\,3 = 0{,}396$$

$$n \text{ moyen} = 0{,}37$$

Remarque I : Le terme « partie pollinisable » que nous avons employé à propos des épis d'une plante de Seigle placés sous un même sachet, signifie exactement partie pour laquelle la dichogamie n'est pas un facteur d'empêchement de la fécondation.

Très généralement, quand un pied de Seigle fait montre de fertilité en autofécondation, cette partie pollinisable n'est pas entièrement grainée.

Remarque II : Le calcul de n nous a donné une valeur moyenne pour l'ensemble des six variétés de Seigle soumises au test. Dans le cas de lignées, cet « indice de dichogamie » n peut présenter des variations très importantes ; en voici deux exemples :

Lignée 23, autofertile (4 ans d'autofécondation).

	Traitements	
	1 × 4 épis	4 × 1 épi
Nombre de plantes	18	6
Nombre de grains	2 220	626
Moyenne grains par plante	123,3 $= p(4-n)$	104,3 $= p \times 4(1-n)$

$$\frac{4(1-n)}{4-n} = 0{,}846 \qquad n = 0{,}19$$

Lignée 6, autofertile (3 ans d'autofécondation).

	Traitements	
	1 × 4 épis	4 × 1 épi
Nombre de plantes	11	20
Nombre de grains	646	499
Moyenne grains par plante	58,7 $= p(4-n)$	24,9 $= p \times 4(1-n)$

$$\frac{4(1-n)}{4-n} = 0{,}424 \qquad n = 0{,}64$$

L'« indice de dichogamie » de la lignée 6 est le triple de celui de la lignée 23.

Notons que les différences de rendement en grains par plante existant entre ces lignées sont dues à des différences qui concernent :

— le nombre de fleurs de l'épi ;

— l'importance de la stérilité femelle en fécondation libre.

Conclusion

La dichogamie joue un certain rôle dans l'autostérilité, chez le Seigle. Cependant, la cause essentielle de l'autostérilité de l'espèce reste de nature génétique.

Cet état de choses complique beaucoup la sélection des lignées ; notre méthode de travail fait appel à la fois à l'autofécondation et aux croisements frère × sœur (sib-crosses) et nous avons actuellement des lignées âgées dont certaines sont autofertiles et d'autres non autofertiles ; on ne sait pas encore si un de ces types de lignées est préférable au point de vue de l'exploitation de l'heterosis.

Reçu pour publication le 25 *juillet* 1960.

AU SUJET D'UN PHÉNOMÈNE DE FLUORESCENCE PRÉSENTÉ PAR LES RACINES DES RAY-GRASS *(LOLIUM* SP.)

PAR

P. MANSAT

Station Centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Versailles.

En 1929 G. GENTNER mit en évidence le fait que des racines de plantules de *Lolium multiflorum* Lam. sont capables de laisser, sur le papier filtre où elles ont poussé, une trace fluorescente de couleur bleu pâle en lumière ultra-violette. Ceci apparaît seulement lorsque le support papier filtre est présent ; ce n'est que rarement visible à partir de graines de *Lolium perenne* L., très fréquemment chez *Lolium multiflorum* Lam. De nombreux auteurs ont alors étudié les manifestations de ce phénomène et, surtout, cherché à l'utiliser. Une unanimité se dégage pour montrer que ce caractère est à hérédité mendélienne simple. Par contre aucune liaison ou corrélation n'a pu être établie de manière nette avec une qualité agronomique ou des caractères systématiques. Cette propriété est utilisée comme critère de pureté spécifique ; les lots commerciaux de graines de *Lolium perenne* ne doivent contenir qu'un pourcentage de types fluorescents inférieur à une limite, choisie de manière variable suivant les pays. O. L. JUSTICE a proposé une formule générale de pureté spécifique où il est tenu compte de ce pourcentage. Quand à l'explication du phénomène, aucune étude n'en a été faite, seules quelques hypothèses furent avancées ; celle de LINEHAN et MERCER fut couramment admise.

La création en France d'un Catalogue des variétés de graminées fourragères nous a conduit à rechercher si l'on pouvait utiliser ce caractère à hérédité simple, pour une distinction variétale chez les espèces *Lolium perenne* et *Lolium multiflorum.* Parallèlement nous nous sommes penché en 1957-1958 sur le phénomène en lui-même. Voici les résultats principaux de nos travaux sur ce point, à ce jour.

Le matériel végétal utilisé est la variété de ray-grass d'Italie « Rita ».

Manifestation du phénomène.

Nous avons pu tout d'abord vérifier les observations essentielles, à savoir :

La racine n'est pas fluorescente elle-même en lumière ultra-violette ;

Aucune trace n'apparaît sur verre, faience, acier, après germination ou broyage sur un tel support ;

Sur papier filtre (Chardin, Whatmann) par contre, une trace fluorescente aux rayons ultra-violets se manifeste dans de semblables conditions de germination ou broyage et se conserve à sec.

Nous avons alors examiné les facteurs suivants :

1° Influence de l'âge des racines et des plantes

Si la fluorescence des traces laissées par le système primaire d'une jeune plantule est très intense, elle est plus faible à partir de racines secondaires, en particulier de celles issues du plateau de tallage (plantules à 4 feuilles).

Des racines de plantes adultes, quel que soit leur emplacement, peuvent donner des traces fluorescentes mais celles-ci sont en général peu nettes (fluorescence faible ou discontinue). Par contre si, sur ces mêmes plantes, on sectionne les vieilles racines et provoque la repousse de jeunes par trempage dans l'eau de fragments de touffe (4 à 5 jours à 20-25°), ces nouvelles racines laissent, après transfert sur papier filtre, des traces intensément fluorescentes.

L'âge des plantes ne semble donc pas influer sur la présence de la capacité de fluorescence ; par contre l'âge des racines elles-mêmes joue un rôle important. Il reste à déterminer si le principe causal diminue quantitativement à l'intérieur de l'organe ou si, simplement par suite de la subérification en cours de vieillissement, il diffuse moins facilement.

Cette information doit permettre de détecter facilement le caractère d'une plante sans être obligé de la laisser s'étioler en boîte de Pétri puis de la repiquer pour une utilisation éventuelle, ou d'attendre des graines.

2° Localisation sur la racine

En examinant avec soin des traces laissées par des racines, soit en cours de germination, soit transplantées d'une boîte de Pétri à une autre après séparation de la graine, nous n'avons pu déceler de zone spécialisée dans la réalisation du phénomène. Toute la racine, selon sa longueur, semble apte à provoquer la fluorescence. Ceci n'exclut pas cependant l'existence possible d'une différence dans l'intensité de production.

Recherche du principe causal.

Les hypothèses suivantes furent émises pour tenter d'expliquer ce phénomène :

— la trace fluorescente résulte d'une hydrolyse de la cellulose, commencée partiellement lors de la fabrication du papier, sous l'action d'un produit non fluorescent exsudé par la racine (P. A. LINEHAN et S. P. MERCER).

— il s'agit d'une transformation par oxydation à l'air libre, sous l'action d'oxydases et peroxydases présentes dans la racine, d'un produit non fluorescent exsudé par le même organe.

— ce pourrait être dû à des bactéries (hôtes de la racine), capables d'hydroliser la cellulose.

Étant donné que beaucoup de corps, fluorescents aux ultra-violets, le deviennent encore plus après adsorption sur un support, nous avons pensé que ce pouvait être le cas. Ce serait un produit, fluorescent lui-même, exsudé par la racine, en concentration insuffisante dans les tissus racinaires pour rendre celle-ci fluorescente de manière visible, s'accumulant sur le papier-support et dont l'intensité de fluorescence est grandement augmentée par adsorption sur le papier-filtre.

1° Un organisme bactérien intervient-il ?

Des graines aseptisées à l'hypochlorite de calcium furent cultivées aseptiquement sur un milieu Knopp gelosé, une par tube. Aucune colonie bactérienne n'a été observée et les racines ont donné des traces fluorescentes nettes lors de leur transfert sur papier, au stade 2 feuilles.

Des traces fluorescentes sur papier, après enlèvement des racines ou des broyats, soumises à l'action d'un sel de tétrazolium n'ont provoqué l'apparition d'aucun précipité rouge.

Ces faits laissent penser que cette explication doit être écartée, d'autres vont le confirmer.

2° Des racines de jeunes plantules (2 feuilles), cultivées en milieu liquide, ont été mises à macérer dans divers solvants, puis écrasées dans le liquide de macération. Les solvants essayés furent : l'eau, l'acétone, le butanol, l'éthanol, l'éther éthylique.

Tandis que l'eau ne devient que très faiblement fluorescente en bleu pâle à l'ultra-violet, les autres corps le sont alors nettement, en particulier l'éther. Une goutte de ces solutions posée sur une feuille de papier filtre laisse une trace plus fluorescente que la goutte elle-même.

Il y a donc un produit, apparemment identique à celui des traces, capable de diffuser hors des racines dans les divers solvants.

3° Avec ces solutions nous avons réalisé des chromatographies sur papier. Les taches fluorescentes de départ se déplacent, sans se frac-

tionner, entraînées par le solvant et restent visibles à l'ultra-violet pendant toute la durée du parcours.

4° De même, en chromatographie sur colonne d'alumine, la tache fluorescente est visible en U. V. et se déplace sans se scinder.

Ces faits, mise en solution directement à partir des racines d'un produit fluorescent en bleu pâle, déplacement des taches lors de chromatographie, fluorescence sur support alumine, ne peuvent être expliqués globalement par aucune des anciennes hypothèses ; par contre la nôtre le permet.

Nous avons alors cherché à obtenir et à déterminer le principe responsable :

Technique de production des racines en grande quantité.

Les graines sont humectées uniformément par trempage dans l'eau pendant douze heures. Elles sont étalées en couche mince sur un grillage plastifié à petits trous. Ce grillage est tendu sur un cadre en bois. Le cadre repose sur un bac (plastique, faïence ou ébonite). Ce bac est empli d'eau de telle sorte que le niveau du liquide affleure au grillage, au moins lors de la germination.

Quand les plantules ont 2 feuilles il suffit de retirer le cadre, le retourner et couper avec des ciseaux la masse des racines.

Choix des solvants d'extraction et de chromatographie.

L'éther éthylique, quoique entraînant en même temps plus d'impuretés et nécessitant par là plus de soins lors de la purification, s'est révélé être le meilleur solvant, il épuise plus complètement les racines.

Nous avons effectué des chromatographies sur papier avec divers solvants acides ou basiques. Dans tous les cas le produit se déplace en formant plus ou moins une tache de forme délimitée. La présence fréquente de traînées mise à part, nous n'avons pas observé de fractionnement net de la tache initiale, même en chromatographie bidimensionnelle. Nous avons choisi en définitive comme solvant le Butanol-Acide acétique-eau (4-1-2), bien qu'il déplace le produit presque en front (rf 0,8-0,9), par suite de la netteté des impressions qu'il permet d'obtenir. Nous l'utilisons aussi sur colonne d'alumine.

Technique d'extraction et purification.

— Macération pendant 1 mois environ dans l'éther éthylique ;

— Pressage des racines ;

— Décantation : phase éther jaunâtre, fluorescente en bleu pâle, phase eau marron, peu fluorescente ;

— Épuisement à l'éther de la phase aqueuse jusqu'à disparition de la fluorescence ;

— Filtration sur laine de verre et amiante, puis sur filtre de verre frité sur vide, de l'ensemble de la solution éther ;

— Épuisement de l'eau par sulfate de sodium anhydre ;

— Concentration par évaporation : par ébullition puis sous vide. On obtient un résidu solide en condition froide, jaunâtre, fluorescent bleu pâle à l'ultra-violet, à aspect cireux, non cristallisé ;

— Chromatographie sur colonne d'alumine. Le produit est entraîné en front. La lumière ultra-violette permet de suivre la progression et séparer le corps fluorescent ;

— Concentration par évaporation sous vide ;

— Chromatographie sur papier whatmann nº 3. La partie solide du résidu reste sur la bande de départ, le produit fluorescent vient presque en front, en une bande unique ;

— Élution à l'éther éthylique ;

— Concentration par évaporation sous vide.

Nous obtenons ainsi une solution concentrée dans l'éther.

Après traitement au sulfate de sodium, évaporation, il est vérifié par chromatographie que le produit fluorescent est toujours identique.

Nous avons tenté de comparer les propriétés de ce composé à celles du « Root tip aglycon » de l'avoine (GOODWIN), fait varier le pH des chromatographies et essayé divers tests de groupes chimiques sur chromatographie-papier, sans arriver à une conclusion définitive. Il faudrait posséder de plus grandes quantités du produit pour atteindre ce but.

Nous pouvons donc, en conclusion, affirmer l'existence d'un produit fluorescent, unique, exsudé par la racine, extractible et isolable par des méthodes simples. Présent dans les racines de plantules et jeunes plants, nous pouvons aussi le déceler facilement dans une plante adulte en provoquant la repousse de jeunes organes radiculaires.

De nombreux problèmes restent à résoudre : quelle est l'appartenance chimique de ce corps ? est-il réparti uniformément dans la racine ? est-il fabriqué en quantité constante ou variable au cours de la vie de la plante ? joue-t-il un rôle dans la croissance des cellules et organes ? sa présence est-elle en relation avec le type biologique *Lolium multiflorum* ou *Lolium perenne* ?

Reçu pour publication le 9 *septembre* 1960.

N. B. Ces résultats ont été acquis en 1957-1958. En juin 1958, B. AXELROD et J. R. BELZILLE ont publié une note d'après laquelle ils ont isolé le composé fluorescent. Cependant, leurs travaux sont centrés uniquement sur la détermination de la nature chimique du principe. C'est pouquoi nous avons jugé que cet article, préparé depuis longtemps, avait encore sa raison d'être sous sa forme première. (Janvier 1961.)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GENTNER (G.). — Über die Verwendbarkeit von ultravioletten Strahlen bei der Samenprüfung. *Prakt. Blatte für Pflanzenbau und Pflanzenschutz*, **28**, 166-172, 1929.

JUSTICE (O. L.). — A review of literature on the use of the fluorescence test for the classification of *Lolium* species and hybrids. *Proc. Assoc. Offic. Seed Analysts*, **36**, 86-93, 1946.

LINEHAN (P. A.) and MERCER (S. P.). — Experiments in the diagnosis of species and varieties of *Lolium* by the Gentner screened Ultraviolet light method. *C. R. Assoc. Intern. Essais Semences*, **3**, nº 18, 180-191, 1931.

LINEHAN (P. A.) and MERCER (S. P.). — Fluorescence of *Lolium* seedlings in ultra-violet light. *Nature*, **131**, 202-203, 1933.

SCHMIDT (H. H.). — Untersuchungen zu den Fluoreszenzerscheinungen der Keimpflanzen in *Lolium* sp. in ultravioletten Licht. I-II-III. *Angew. Bot* XXVII, 1-15, 1953. *Berichte Dtsch. Bot. Ges.*, LXVI, p. 421, 1954. *Züchter*, **26**, 83-88, 1956.

CORKHILL, DORPH-PETERSEN, FOY, MUNN, PORTER, RAMPTON, TRUMBLE et PHIPPS, WOODFORDE, WRIGHT, se sont principalement penchés sur l'utilisation possible du caractère de fluorescence comme critère de pureté spécifique, et en ont étudié l'hérédité.

GOODWIN (R. H.). — Fluorescent substances in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **4**, 283-304, 1953.

GOODWIN (R. H.) and KAVANAGH (F.). — Fluorescing substances in roots. *Bull. Torrey Bot. Club*, **75**, 1-17, 1948.

GOODWIN (R. H.) et ses collaborateurs ont publié une série d'études sur les substances fluorescentes des racines d'avoine, de fléole.

MELVILLE (J.) et GRIMMETT (R. E. R.) et leurs collaborateurs ont découvert puis étudié un alcaloïde fluorescent dans les parties aériennes du *Lolium perenne*, et en ont entrevu quelques autres.
A fluorescent alcaloid in rye-grass (*Lolium perenne* L.). *N. Z. J. Sci. and Techn.*, B, **24**, janv. 1943.

AXELROD (B.) and BELZILLE (J. R.) — Isolation of an alkaloïd, annuloline, from the roots of *Lolium multiflorum*. *J. Org. Chem.* **23**, p. 919, 1958.

NOTE SUR QUELQUES ASPECTS DE L'HETEROSIS

575.125

PAR

E. BERNINGER

Station centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes, Versailles

Le but de ce condensé est de dégager les bases simples du phénomène de l'hétérosis : description, manifestations, hypothèses sur le mécanisme génétique et physiologique de l'hétérosis.

Une série de références bibliographiques est donnée en annexe.

Définition du terme « Hétérosis »

Le mot Hétérosis a été créé, par contraction du terme « Hétérozygosis », par le généticien Shull (1914) pour exprimer la « stimulation hétérozygotique » dont la manifestation est la vigueur hybride.

En pratique, on confond souvent « hétérosis » (cause) et « vigueur hybride » (effet).

Selon une définition plus large, Brieger (1950) parle d'hétérosis quand la moyenne d'un ou de plusieurs caractères de l'hybride est différente de la moyenne de ses descendants obtenus par un système de forte consanguinité.

Dans le vocabulaire d'amélioration des plantes, il est préférable de limiter le terme d'hétérosis au stimulus et à ses effets favorables.

Manifestation de l'hétérosis

Ses effets sont remarquables chez la plupart des organismes ; chez le Maïs, en particulier, du fait de la facilité des hybridations et du grand nombre de cas étudiés, il a été établi que l'hétérosis se manifeste dès après la pollinisation : la croissance et la différenciation des tissus embryonnaires hybrides sont plus rapides. Les mêmes phénomènes, qui peuvent être ramenés à une activité métabolique accrue, seront visibles dès le début de la germination des grains hybrides. Les études de détail comparant l'hybride à ses deux parents mettent en évidence chez le premier la plus grande production en matière verte ou sèche, en grain (en moyenne la production des lignées n'atteint que 30 p. 100 de celle des hybrides) ; la supériorité en taille et volume des différents organes (racines, tiges, feuilles, épis) est également nette ; l'appareil vasculaire est plus développé ; le pollen et la fructification plus abondants. Physiologiquement, les hybrides sont plus précoces, leur économie hydrique est meilleure (moindre consommation d'eau par unité de matière sèche formée) — l'absorption des éléments minéraux est plus rapide.

Récemment, on a montré l'importance de l'aptitude à synthétiser divers composés organiques (acides aminés, vitamines, précurseurs d'hormones...) ; les différences trouvées d'abord chez les champignons (Neurospora...) ont été retrouvées chez la tomate notamment (culture de racines sur milieux gélosés) ; les F_1 montrent une rusticité nutritionnelle plus grande que leurs parents.

Mécanisme génétique de l'hétérosis

Deux groupes d'hypothèses sont en présence, le premier expliquant l'hétérosis avec un seul gène, le second avec plusieurs gènes.

1) Hypothèses de l'hétérozygotie et de la superdominance.

La combinaison des deux allèles *a* et *a'* en un hétérozygote *aa'* est supérieure aux homozygotes *aa* et *a'a'*. Il y a soit interaction, plutôt que simple addition entre *a* et *a'*, soit manifestations différentes, bien que très voisines, des deux allèles.

Powers (1944) considère dominance et hétérosis comme deux manifestations de l'état hétérozygote. Il schématise ainsi les différentes possibilités d'expression d'un gène ou d'un caractère dans une F_1 par rapport à deux parents de valeurs arbitraires 1 et 5 par exemple :

6 hétérosis ;
5 dominance complète ;
4 dominance partielle ;
3 absence de dominance ;
2 dominance partielle ;
1 dominance complète ;
0 hétérosis.

Mais dans le sens où nous entendons parler d'hétérosis, il conviendrait de n'envisager que le cas de supériorité. La superdominance ne s'oppose pas au phénomène de dominance classique ; dans de nombreux cas, l'analyse fine des exemples classiques a montré que *Aa* diffère de AA. Le problème est de savoir si le cas de fonctions voisines complémentaires des deux allèles, comme celui observé pour la résistance à deux races de rouille du lin (Flor 1947) est fréquent. On peut aussi admettre que deux allèles *a* et *a'* diffèrent uniquement par le dosage de leur effet, et que la dose *aa'* est optimale par rapport aux deux extrêmes *aa* et *a'a'*.

Il est possible que l'analyse plus poussée de la structure des gènes conduise à modifier l'explication des phénomènes observés.

2) Hypothèse de la dominance.

La formule génotypique de l'hybride entre deux parents (AAbbCCdd...) et (aaBBccDD....) accumule les différents facteurs dominants favorables en (AaBbCcDd....) Les facteurs en jeu sont très nombreux et souvent liés. Tous les systèmes géniques invoqués pour expliquer la complexité des cas d'hérédité quantitative (polygènes, etc...) peuvent intervenir. Le cas le plus simple est régi par deux facteurs complémentaires : le croisement de deux maïs nains AAbb x aaBB donne une F_1 AB normale. Dans ce cas, la forme nouvelle peut être fixée.

Brieger (1950) attribue l'effet d'hétérosis à « l'hétérozygotie de régions chromosomiques ». Cette formule reste générale mais elle implique tous les mécanismes, d'une part superdominance, ou hétérozygotie au niveau du gène, et d'autre part accumulation d'allèles dominants à effets additifs ou complémentaires.

Possibilités de conservation de la vigueur hybride

Dans les cas courants d'amélioration des plantes, les deux mécanismes conduisent à des conclusions voisines :

Dans l'hypothèse de la superdominance, la vigueur hybride ne peut évidemment pas être fixée par autofécondation.

Dans le cas de la « dominance », ou plus exactement du cumul, la fréquence des différents génotypes dans la descendance de l'hybride F1 hétérozygote pour n gènes se calcule aisément.

Chez les *plantes diploïdes,* dans l'hypothèse d'indépendance des n facteurs, la fréquence de l'homozygote dominant pour les n facteurs en F2 est $\left(\frac{1}{4}\right)^n$, soit $(0{,}25)^n$.

Si nous cherchons à retenir les phénotypes n-dominants en vue de leur fixation ultérieure (cas général en sélection), leur fréquence est $\left(\frac{3}{4}\right)^n$, soit $(0{,}75)^n$.

Les fréquences théoriques des plantes n-dominantes dans ces deux cas ont été calculées.

Nombre facteurs indépendants n	$(0{,}25)^n$	$(0{,}75)^n$
10	$0{,}95 \times 10^{-6}$	$0{,}17 \times 10^{-4}$
20	$0{,}91 \times 10^{-12}$	$0{,}29 \times 10^{-9}$
30	$0{,}87 \times 10^{-18}$	$0{,}48 \times 10^{-14}$

Dans le cas le plus favorable, même pour 10 gènes, la fréquence est hors des probabilités courantes. Elle est encore plus faible en pratique, en raison des liaisons entre facteurs et de la fluctuation phénotypique.

Chez les *plantes autotétraploïdes,* à partir d'hétérozygotes duplex (AA*aa*), l'élimination des allèles A ou *a* est très lente, l'homozygotie en n loci n'est pratiquement pas atteinte ; dans les mêmes hypothèses que précédemment, la fréquence de l'homozygote n-dominant en F2 se situe entre $(0{,}027)^n$ et $(0{,}046)^n$. Par contre, la fréquence du phénotype n-dominant reste très élevée : entre $(0{,}973)^n$ et $(0{,}954)^n$, soit pour $n = 10$, aux environs de 0,6 à 0,7.

L'expérience des sélectionneurs montre très généralement que la luxuriance des F1 n'est pas, ou n'est que très partiellement fixable. Cette partie fixable est appelée « transgression ». La vigueur hybride est d'autant plus manifeste que les parents sont plus différents, d'où la recherche d'origines très éloignées dans les croisements entre variétés. Les croisements entre espèces compatibles donnent souvent une F1 très vigoureuse.

Chez le cotonnier, les F1 des croisements entre variétés *hirsutum* ont une productivité de 30 à 35 p. 100 supérieure à celle des parents. La supériorité

peut dépasser 40 p. 100 dans les croisements interspécifiques *Gossypium hirsutum* x *G. Barbadense.* Ceci est intéressant pour les plantes à multiplication végétative (Noyers de Burbank, vigne, canne à sucre).

Mécanisme physiologique de l'hétérosis

La synthèse des mécanismes génétiques admis comme explications de l'hétérosis et du mode d'action des gènes en génétique générale, conduit à un schéma cohérent de la physiologie des hybrides.

Deux notions sont ici importantes :

— celle de *l'équilibre physiologique* (interne) d'un organisme « normal » : son fonctionnement dépend d'un grand nombre de processus soigneusement balancés et interdépendants ;

— celle d'*Homéostase,* ou aptitude de l'organisme à conserver son équilibre et son identité dans un milieu plus ou moins variable ou défavorable, aptitude souvent comparée aux propriétés des solutions tampon.

L'image employée par A. J. MANGELSDORF (« Hétérosis » GOWEN 1952) pour concrétiser la notion d'équilibre interne est frappante : la valeur d'un génotype est déterminée par ses maillons les plus faibles, comparés à des goulots d'étranglement. La loi très générale des « facteurs limitants » peut s'appliquer ici. On réalise bien alors comment deux gamètes complémentaires peuvent fusionner en un génotype supérieur à ses deux parents.

Le phénomène d'hétérosis se manifeste aussi bien chez les plantes naturellement autogames que chez les allogames, mais dans ces deux cas, les différents mécanismes génétiques n'ont pas la même importance et l'analyse du phénomène n'est pas identique.

Du point de vue agronomique l'*organisme normal* — équilibré — représente une variété cultivée convenable.

Pour les *plantes autogames,* ce peut être une lignée plus ou moins purifiée. L'hétérosis se manifeste à la suite de croisements entre lignées différentes. Chez ces plantes, homozygotes, l'occurrence d'allèles récessifs défavorables est éliminée en grande partie par la sélection naturelle ou humaine.

Pour les *plantes allogames,* l'organisme normal n'est en tout cas pas l'individu résultant d'une forte consanguinité, car un certain état hétérotique est nécessaire à un bon fonctionnement. Ceci s'explique par l'existence de très nombreux gènes récessifs défavorables, et même léthaux à l'état homozygote, masqués par les dominants et qui se maintiennent à une fréquence d'équilibre dans les populations. Les autofécondations, par fixation des allèles récessifs faibles, aboutissent à des individus non viables ou tout au moins déséquilibrés.

Il paraît donc logique d'attribuer à l'hétérosis dominance (cumul) une importance plus grande chez les allogames que chez les autogames.

Méthodes de sélection pour la vigueur hybride

1) Utilisation des pollinisations contrôlées.

Le cas du maïs, souvent considéré comme plante allogame type, est en fait particulier, en raison de la tolérance relative à l' « inbreeding » et à l'homozygotie, de l'anatomie florale et de la variabilité de l'espèce. Ces dispositions sont favorables à la création d'hybrides F1 (simples, trois voies ou doubles), à partir de

lignées pratiquement fixées : ce type de variétés bénéficie au mieux de la vigueur hybride.

La méthode générale de sélection se schématise ainsi :

— fixation par autofécondations répétées dans un matériel hétérozygote (populations, hybrides) et sélection dans les descendances ;

— test d'aptitude à la combinaison du matériel fixé ou en cours de fixation ;

— réalisation commerciale des meilleures combinaisons entre lignées.

La production de semences hybrides est faisable, pour le maïs, par simple castration (élimination de la panicule mâle avant floraison) du parent femelle dans des champs isolés.

On peut utiliser des facteurs de *stérilité mâle* pour faciliter cette production dans le cas du maïs, ou pour la permettre dans les cas de l'oignon, de la betterave sucrière. La stérilité mâle induite par des produits chimiques (gamétocides) est expérimentée chez le cotonnier (partiellement allogame).

La création de F1 industrielles est également possible chez le tabac, la tomate et l'aubergine : ici, chaque hybridation donne un nombre élevé de graines. A la différence du maïs, ces plantes sont autogames ou faiblement allogames, et les variétés courantes peuvent servir directement de parents en vue de l'hybridation.

Chez les plantes à multiplication végétative, les variétés cultivées, quelle que soit leur biologie florale, sont généralement très hétérozygotes, issues d'un croisement naturel ou artificiel heureux. La création de types nouveaux par croisements doit être, autant que possible, précédée de l'obtention de géniteurs intéressants, par autofécondation ou consanguinité. L'étude des croisements est comparable aux tests d'aptitude à la combinaison (ou d'aptitude à la transmission des caractères désirés).

Pour certains arbres forestiers allogames, multipliés par graines, les meilleurs géniteurs sont retenus après test de leurs descendances issues de croisements contrôlés : la longévité des plantes permet leur exploitation comme reproducteurs pendant de nombreuses années, mais les longs délais de mise à fleur s'opposent à la fixation en lignées des géniteurs.

2) Recherche de l'hétérosis en pollinisations non contrôlées.

Lorsque les croisements sont délicats à réaliser, ou peu productifs (betterave, seigle...), lorsqu'on veut créer une variété utilisable pendant plusieurs générations (à la différence des F1 qui perdent leur vigueur et leur homogénéité dès la F2), on fait des variétés « synthétiques » : ce sont des mélanges de plusieurs types génétiquement différents, de lignées plus ou moins fixées mais déjà épurées pour les facteurs les plus défavorables.

Le mélange des lignées donne des combinaisons plus vigoureuses dans leur ensemble. La valeur moyenne et les caractéristiques culturales de cet ensemble doivent rester relativement stables pendant les générations de reproduction.

Les variétés synthétiques n'exploitent pas au maximum la vigueur hybride. Elles sont évidemment moins faciles à décrire, à maintenir, à reproduire et à reconstituer que les hybrides contrôlés.

Reçu pour publication le 22 juillet 1960.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ouvrages généraux — diverses conceptions de l'hétérosis :

BRIEGER (F. G.). — The genetic basis of heterosis in Maize. *Genetics*, **35**, 420-445, 1950.

EAST (E. M.). — Heterosis. *Genetics*, **21**, 375-397, 1936.

GOWEN (J. W.) et AL. — *Heterosis* (notamment articles de J. CROW, Th. DOBZANSKY. MANGELSDORF (A. J.), ROBBINS (W.), SHULL (G.), WHALEY (W.). — Iowa State College Press, 1952.

HAYES (H. K.), IMMER (F. R.) et SMITH (D. C.). — *Methods of plant breeding.* Mac Graw Hill Book C°, 1955.

RUDORF (W.). — *Handbuch der Pflanzenzüchtung.* Tome I, Paul Parey, Berlin, 1958.

SPRAGUE (G. F.). — *Corn and Corn Improvement.* Academic Press. N. Y., 1955.

SRB (A. M.) et OWEN (R. D.). — *General Genetics,* Freeman et C°, 1955.

Études de l'heterosis, principalement chez le maïs :

AVERY (G. S.), BERGER (J.), SHALUCHA (B.). — Auxin content of Maize kernels during ontogeny, from plants of varying heterotic vigor. *Amer. J. Bot.* **29**, 765-772, 1955.

BALINT (A.), KOVACS (M.). — Studies in plants with P 32 on the genetics and physiology of Heterosis. *Novenytermeles*, **91**, 15-26, 1960.

BERNSTEIN (L.). — Amylases and Carbohydrates in developing Maize endosperm. *Amer. J. Bot.*, **30**, 517-526, 1943.

BERNSTEIN (L.). — Hybrid vigor in Corn and mobilisation of endosperm reserves. *Amer. J. Bot.*, **30**, 801-809, 1943.

CAUDERON (A.). — Hétérosis et sélection réciproque chez le Maïs. 2e Congrès Eucarpia, Cologne, juillet 1959.

FAIRCHILD (R. S.). — Comparative development of the embryos of inbred and hybrid Maize. *Iowa state coll. J. Sci.*, **27**, 381-405, 1953.

FLOR (H. H.). — Inheritance of rust reaction in a cross between the flax varieties Buda and J. W. S. *J. Agric. Res.* **63**, 369-388, 1941.

GROSZMANN (A.) et SPRAGUE (G. F.). — Comparative growth rates in a reciprocal Maize cross. *J. Amer. Soc. Agron.*, **40**, 88-98, 1948.

KEMPTON (J. H.) et MAC LANE (J. W.). — Hybrid vigor and weight of germ in the seeds of Maize. *J. Agric. Res.*, **64**, 65-80, 1942.

KIESSELBACH (T. A.). — Comparative water economy of selfed lines of corn and their hybrids. *J. Amer. Soc. Agron.*, **18**, 335-344, 1926.

LENG (E. R.). — Direct effect of pollen parent on kernel size in dent corn. *Agron. J.*, **41**, 555-558, 1949.

LENG (E. R.). — Time-relationships in tassel development of inbred and hybrid corn. *Agron. J.*, **43**, 445-449, 1951.

PADDICK (M. E.) et SPRAGUE (H. B.). — Maize seed characters in relation to hybrid vigor. *J. Amer. Soc. Agron.*, **31**, 743-750, 1939.

SPRAGUE (G. F.). — Hybrid vigor and growth rates in a Maize cross and its reciprocal. *J. Agric. ges.*, **53**, 819-830, 1936.

WEAVER (H. L.). — A developmental study of Maize with particular reference to hybrid vigor. *Amer. J. Bot.*, **33**, 615-624, 1946.

WHALEY (W. G.). — The growth and morphology of two Maize inbreds and their hybrid. *Amer. J. Bot.*, **37**, 77-84, 1950.

581.145.1 : 634.8

CAUSES DÉTERMINANT LES ALTÉRATIONS DE LA FLORAISON DE LA VIGNE (1)

PAR

P. HUGLIN

Station de Recherches viticoles et œnologiques, Colmar.

La productivité d'un cépage est le produit de deux caractères très distincts : *la fertilité moyenne des bourgeons laissés à la taille* et *le poids moyen des grappes,* cette dernière donnée nécessitant elle-même une subdivision plus poussée (nombre initial de boutons floraux, proportion de baies nouées, c'est-à-dire sensibilité à la coulure et taille définitive des baies). La valeur de ces caractéristiques étant en grande partie sous la dépendance du phénomène de la *floraison,* il est clair que toutes les altérations de ce dernier sont susceptibles d'exercer une influence considérable sur le rendement quantitatif de la vigne.

Dans ces conditions nous distinguerons 3 causes principales d'altérations de la floraison de la vigne :

I. — Déroulement défectueux de l'initiation des ébauches florales.

II. — État sexuel des variétés déterminant une coulure constitutionnelle.

III. — La coulure physiologique dont l'origine peut relever de causes diverses.

I. — Déroulement défectueux de l'initiation des ébauches florales.

Il est un fait connu en physiologie végétale que le phénomène général de la *floraison* ne concerne pas seulement le stade de l'épanouissement des fleurs et celui de la fécondation, mais débute au moment où les plantes, ou certains organes de la plante, acquièrent leur *maturité de floraison* caractérisée par l'initiation des ébauches florales.

Dans le cas de la vigne, les inflorescences primordiales se forment tout d'abord dans les yeux latents de la base des rameaux herbacés à une époque qui coïncide en général avec l'anthèse, puis progressivement dans les bourgeons supérieurs au fur et à mesure de la croissance.

Au cours de cette période les conditions dans lesquelles vit la plante, peuvent être plus ou moins favorables à l'initiation florale, déterminant parfois dès ce stade, des altérations de la floraison.

(1) Rapport français à la 40e session de l'Office International de la Vigne et du Vin. Budapest, septembre 1960.

J. Branas, G. Bernon et L. Levadoux (5) ont montré que, sur une souche déterminée, « la sortie » N/X (N = nombre de grappes, X = nombre d'yeux) dépend de la vigueur de l'année précédente chez cette même souche. P. Françot et J. Mauro (7) soulignent le rôle de la température sur la formation des inflorescences primordiales. Ils attribuent en particulier la mauvaise fertilité des yeux de la base observée en 1947, à des conditions météorologiques défavorables en juin 1946, c'est-à-dire au moment où les grappes primordiales auraient dû se former dans les bourgeons correspondants. Ces auteurs rappellent également, qu'au moment de la fécondation, les inflorescences jouent vis-à-vis des bourgeons le rôle de concurrents vitaux qui doivent, semble-t-il, gêner la naissance des grappes dans les yeux en formation à cette époque.

Au cours d'un travail récent (9) sur cette question, nous avons nous-même cherché à mettre en évidence un certain nombre de facteurs susceptibles de jouer un rôle dans la mise à fruits des bourgeons. C'est ainsi que nous avons pu constater, comme les auteurs cités plus haut, l'influence prépondérante de la vigueur des souches en la matière. Cette corrélation positive entre la vigueur et l'initiation florale des bourgeons est cependant de nature curvilinéaire de sorte qu'à partir d'un certain niveau de vigueur, toute augmentation de cette dernière reste pratiquement sans effet sur la fertilité des bourgeons.

L'analyse des facteurs climatiques, pluie et chaleur, a montré que les conditions climatiques de la période de formation des grappes primordiales exercent une influence très nette sur la fluctuation de la fertilité des bourgeons qui peut être sérieusement abaissée par suite des effets de la sécheresse ou d'un déficit thermique.

Dans le même ordre d'idées nous avons observé les conséquences néfastes d'orages de grêle ayant détruit momentanément une grande proportion de la végétation, sur le déroulement normal de l'initiation florale. Soulignons aussi que des perturbations semblables, qui peuvent également être dues à des affections parasitaires (p. ex. mildiou) sont capables d'exercer une dépréciation, non seulement de la récolte sur pied, mais également de celle en voie d'élaboration dans les bourgeons de l'année à venir.

Bien que le sens de la réaction des différentes variétés de vigne contrôlées à l'égard des facteurs de fluctuation de la fertilité des bourgeons soit identique pour toutes, il importe de noter que *l'amplitude de cette fluctuation* semble être en grande partie une question variétale comme le montrent les chiffres du tableau I, où nous avons fait figurer cette donnée sous forme de double de l'écart-type de la distribution de fertilité de chaque variété, exprimée en pourcentage par rapport à la moyenne.

Tableau I

Fluctuation de la fertilité des bourgeons latents primaires (en pourcentage par rapport à la moyenne de fertilité).

Cépages	Fluctuation
Riesling	± 21,6 %
Sylvaner	± 23,4 %
Auxerrois	± 25,0 %
Gewurztraminer	± 31,2 %
Pinot blanc	± 31,4 %
Chasselas	± 35,1 %
Pinot gris	± 35,2 %

Alors que certains cépages, comme le Riesling par exemple, possèdent une fluctuation de l'ordre de ± 20 p. 100 à ± 25 p. 100 autour de leur moyenne, d'autres, comme le Chasselas ou le Pinot gris, voient ce chiffre monter à ± 35 p. 100, ce qui peut représenter dans un cas extrême 70 p. 100 d'amplitude totale. Il va de soi que cette énorme fluctuation de l'initiation florale chez certains cépages qui conditionne, avant même l'apparition proprement dite des inflorescences, des irrégularités de récolte, présente un inconvénient majeur du point de vue de l'économie viticole en général.

II. — Coulure constitutionnelle due à l'état sexuel des variétés.

Bien que la grande majorité des variétés de vignes à fruits possèdent des fleurs à structure hermaphrodite et presque toujours autofertiles, la coulure constitutionnelle due à l'état sexuel de certains cépages, pose un problème non négligeable à la viticulture de plusieurs pays. Ceci n'est plus le cas en France où une élimination progressive a pratiquement fait disparaître les formes à structure sexuelle déficiente qui avaient existé à l'intérieur de certaines populations de cépages.

Dans une étude générale sur la fleur et la sexualité chez la vigne, publiée en 1946, L. LEVADOUX (11) a abordé un certain nombre de points qui touchent de près le problème de la coulure constitutionnelle et qu'il semble utile de mentionner ici :

A. — Entre le type de fleur « mâle » désigné par α, le type de fleur hermaphrodite ε et le type de fleur « femelle » K, il existe dans la nature un grand nombre de formes intermédiaires.

B. — Les variétés mâles dont les fleurs ne peuvent pas nouer normalement et dont les possibilités en tant que vignes à fruits sont nulles, sont caractérisées par une variation génotypique et par une fluctuation due au milieu assez considérable. L'analyse génétique de la question a montré que le sexe femelle se trouve en puissance chez les individus mâles, mais que son apparition est toujours rare, l'évolution du gamétophyte femelle étant entravée à un stade variable. En ce qui concerne la fluctuation du caractère on constate de façon générale que toute diminution de la vigueur entraîne une masculinisation des types floraux.

C. — Les individus femelles sont, par définition, ceux dont le pollen, parfois rare et toujours de forme irrégulière, est normalement infertile. Sous l'influence des facteurs extérieurs les types floraux des cépages femelles ne sont susceptibles que de fluctuations très réduites.

Le contrôle des variétés de vignes existant en France et se trouvant dans la collection ampélographique de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier a permis de dénombrer les cépages femelles suivants :

Nord-Est : François noir.

Ouest et Sud-Ouest : Ardonnet et Camaralet.

Pays alpins, vallée du Rhône : Abrostine, Blatterle, Corniola, Heunisch blanc, Malvasia bianca, Montonico, Pisutella, Pougayen, Pousse de chèvre, Gros Ribier.

Midi : Estaca sauma, Gibi, Maccabeo, Olivette blanche, Olivette de Vendémian, Tibouren gris.

Raisins de table : Bicane, Fredericton, Madeleine Angevine, Nouveau Gibraltar, Perle impériale noire.

Hybrides producteurs : 5773 Seibel et 8355 Seibel.

Ces variétés qui ne présentent qu'un intérêt très réduit pour la viticulture française, sont généralement en voie de disparition dans notre pays, de sorte qu'il n'est plus nécessaire de recourir à des méthodes spéciales de fécondation.

D. — La coulure des cépages hermaphrodites relève en général de causes physiologiques. Il est cependant probable que certaines variétés hermaphrodites présentent des déficiences polliniques qui les rendent plus sensibles que d'autres à cet accident. Cela semble bien être le cas d'une variété du Midi, la Clairette, dont la coulure a été étudiée par G. BERNON (1).

E. — L'avortement d'ovules qui peut avoir lieu avant ou après la fécondation, est un processus très courant chez la plupart des variétés de vignes à fruits, puisqu'il est assez rare de rencontrer des baies à 4 pépins. Dans le cas des variétés apyrènes, dont la culture constitue une spéculation particulière sur laquelle il est inutile de s'étendre ici, cet avortement touche régulièrement l'ensemble des ovules et des fleurs dont les ovaires se développent en baies de volume réduit, soit par voie *parthénocarpique* lorsque l'avortement se produit avant toute fécondation ou *sténospermique* lorsqu'il a lieu après la fécondation. Ce phénomène se rencontre également de façon accidentelle chez un grand nombre de cépages. Il est connu sous la dénomination de « millerandage » et peut se relier au cas général de la coulure physiologique.

F. — Certaines anomalies constitutionnelles ou accidentelles des fleurs sont également susceptibles de provoquer la coulure. Décrites par différents auteurs, dont P. VIALA et F. PECHOUTRE (13), elles ne présentent cependant que rarement un intérêt économique. Parmi elles signalons la transformation en feuilles florales (chlorantie) des diverses parties de la fleur. Entre le cas extrême, dont l'exemple génétiquement fixé, le plus connu est le « Gamay à fleurs doubles », et la fleur normale il existe d'ailleurs tous les intermédiaires. Un autre cas est celui, accidentel ou fixé, dans lequel la corolle reste fixée au réceptacle et dans lequel une fécondation par cléistogamie n'est pas possible.

III. — La coulure physiologique.

Ce que les viticulteurs appellent couramment « la coulure » se trouve être, dans la grande majorité des cas, *la coulure physiologique*, dont les conséquences sont souvent fort graves, surtout dans les vignobles septentrionaux de la France.

Comme le dit J. BRANAS dans une chronique (3) qui nous servira d'ossature pour la rédaction de ce chapitre, la coulure physiologique de la vigne se présente comme *un trouble profond de la redistribution des sucres synthétisés dans les feuilles adultes*, dont nous envisagerons successivement les manifestations, l'aspect physiologique, les causes primaires et les remèdes.

A. — Manifestation de la coulure.

La coulure peut se présenter à des époques différentes.

1. — *Avant la floraison*, des inflorescences qui paraissaient normales se transforment en vrilles avec disparition progressive des organes floraux. On appelle cet accident le *filage* des inflorescences ou des grappes.

2. — *Après la floraison*, une proportion variable de jeunes baies, apparemment fécondées, ne grossit plus et tombe. Cette abcission est provoquée par la formation caractéristique d'une couche de séparation à la base du pédicelle suivie par la dessiccation, puis par la chute des baies.

Pratiquement ce phénomène, plus ou moins accentué, est absolument général, mais ce n'est que lorsque la proportion de baies tombées devient excessive qu'on parle de coulure.

TABLEAU II

Données sur la structure des inflorescences et des grappes et sur la nouaison de quelques cépages cultivés en Alsace
(Ribeauvillé, 1959)

Cépages	Nombre moyen de fleurs par inflorescence	Nombre moyen de baies normales par grappe	Pourcentage moyen de nouaison.
Gewurztraminer	100,8	39,6	39,2 %
Riesling	188,8	60,8	32,2 %
Pinot gris	149,2	41,3	27,7 %
Auxerrois	186,4	69,1	37,1 %
Sylvaner	95,2	50,3	52,9 %
Chasselas	163,6	48,3	29,6 %

Dans le tableau II on trouvera quelques données, recueillies en 1959 à la suite de conditions climatiques favorables à la floraison, sur la structure des inflorescences et des grappes ainsi que sur la nouaison de quelques cépages cultivés en Alsace. Le pourcentage de nouaison de ces variétés, dont le nombre de fleurs par inflorescence n'est d'ailleurs jamais très élevé, varie de 27,7 p. 100 à 52,9 p. 100. Si la valeur de ces chiffres paraît être, dans une certaine mesure, une caractéristique variétale, il semble non moins vrai que le pourcentage de nouaison présente une corrélation négative avec le nombre moyen de fleurs par inflorescence des variétés. C'est ainsi que L. RAVAZ (12) a signalé qu'une grappe d'Aramon de 1 800 fleurs ne conservait normalement que 80 à 120 grains, ce qui représente un pourcentage de nouaison normal de 4,5 p. 100 à 6,7 p. 100.

TABLEAU III

Nombre moyen de fleurs par inflorescence (A) et pourcentage de nouaison (B) selon la situation des bourgeons sur la branche à fruits.

Cépages	Bourgeons du 1er quart (base)		Bourgeons du 2e quart		Bourgeons du 3e quart		Bourgeons du 4e quart (extrémité)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Gewurztraminer	65,4	40,1 %	91,3	39,9 %	108,5	39,8 %	136,9	38,1 %
Riesling	134,8	38,7 %	167,1	39,7 %	201,8	28,6 %	227,0	28,5 %
Pinot gris	135,6	27,7 %	138,9	27,6 %	141,1	29,7 %	185,2	26,0 %
Auxerrois	165,2	39,4 %	159,5	38,2 %	185,4	45,3 %	213,1	33,0 %
Sylvaner	78,9	56,3 %	98,4	51,2 %	105,8	55,4 %	99,7	48,7 %
Chasselas	97,0	32,3 %	155,2	29,8 %	190,6	26,6 %	192,8	30,9 %

Les résultats du tableau III montrent que la fluctuation du pourcentage de nouaison à l'intérieur d'un cépage dépend également du nombre initial de fleurs par inflorescence : alors que ce chiffre augmente régulièrement lorsqu'on passe des bourgeons de la base des branches à fruits à ceux de l'extrémité

(bourgeons de rang 13 à 15), le pourcentage de nouaison diminue légèrement lorsque les inflorescences sont plus fournies.

B. — Aspect physiologique de la coulure.

Partant du fait connu depuis longtemps que la coulure physiologique est due à un afflux insuffisant d'aliments dans la baie, J. BRANAS (3), rappelant à ce sujet les expériences russes de MERJANIAN (12), a ainsi schématisé le processus qui conduit à cet accident :

Les sucres principalement élaborés dans les feuilles adultes sont exportés par le liber vers les différents organes de la plante (dont les inflorescences ou grappes) qui se comportent comme des récepteurs.

Si l'on admet que la sève élaborée est répartie selon un mécanisme osmotique, il est clair que les jeunes feuilles ou les bourgeons terminaux dont la croissance est rapide, constituent des récepteurs plus favorisés que les inflorescences, dont la croissance est lente, parce que les sucres sont détruits plus rapidement dans les premiers organes que dans les seconds et ceci d'autant plus que les besoins de la croissance y sont plus élevés, c'est-à-dire que celle-ci y est plus active.

L'alimentation déficiente des baies qui résulte de ce fait est suivie de la formation de la couche de séparation dans les pédicelles et de l'abcission d'une proportion de baies d'autant plus importante que le déséquilibre dans la répartition des sucres synthétisés est lui-même plus grand. Avant la floraison ces mêmes conditions provoquent l'abcission des fleurs (filage).

Cette explication rapproche le problème de la coulure physiologique de celui, controversé par beaucoup de physiologistes, des inhibitions de croissance par corrélation dues à des « détournements trophiques » (6). Malgré cette restriction il n'empêche que certains phénomènes botaniques ne se laissent interpréter logiquement qu'en faisant appel à ce type de corrélation.

C. — Causes de la coulure physiologique.

Le mécanisme physiologique de la coulure étant au moins partiellement expliqué, on peut préciser que deux causes générales sont capables de provoquer cet accident. En effet une déficience alimentaire exagérée des fleurs ou des baies est susceptible d'être engendrée, soit par un excès de vigueur de la plante, soit au contraire, par une diminution excessive de cette caractéristique culturale.

1. — *L'excès de vigueur* peut résulter de plusieurs facteurs.

— Plantation de la vigne dans un sol trop fertile, c'est-à-dire, à vocation non viticole.

— Fumures excessives.

— Emploi de porte-greffes trop puissants pour un greffon ou un milieu donné.

— Taille trop courte, etc...

2. — *Un manque excessif de vigueur* est à même de provoquer non seulement la coulure classique, mais également le millerandage. Les causes principales en sont les suivantes :

— Dégénérescence infectieuse (viroses).

— Carences alimentaires parmi lesquelles il importe surtout de citer la chlorose calcaire et la carence en bore (4).

— Avant la floraison destruction du feuillage par des parasites animaux ou cryptogamiques.

— Charge excessive.

— Sol épuisé, etc...

3. — *Les conditions climatiques défavorables durant la floraison* en diminuant considérablement l'activité photosynthétique de la végétation, amènent fréquemment une coulure qui tient également d'un manque de vigueur par absence momentanée d'une activité photosynthétique suffisante.

Cette coulure climatique constitue souvent une véritable calamité pour des vignobles septentrionaux et L. Boyer (2), dans le cas de la Champagne, la considère comme la principale responsable de l'amenuisement des récoltes. Ajoutons que certains cépages se montrent plus sensibles que d'autres à ce type de coulure et que l'on peut se demander s'il ne s'agit pas parfois d'une sensibilité plus grande due à une certaine imperfection constitutionnelle (ex. Muscat Ottonel).

4. — Pour être complet nous dirons enfin que les produits hormonaux ou autres sont également capables de provoquer une coulure parfois très grave. Les cas les plus connus sont indiscutablement ceux provoqués par l'emploi de désherbants à base d'*hormones de synthèse* (8) dans des champs de céréales situés à proximité de parcelles de vigne. D'autres produits, comme *l'hydrazide maléique* (10) peuvent également être à l'origine d'une coulure intense.

Depuis l'apparition de produits de lutte anticryptogamiques de type « organique » une certaine publicité met l'accent sur les avantages de ces derniers, en ce qui concerne la nouaison des fleurs. S'il faut bien reconnaître que la bouillie bordelaise (souvent mal préparée) employée au moment de la pleine floraison, exerce quelquefois une certaine action phytotoxique défavorable à la nouaison, les informations que nous possédons à ce sujet, relèvent souvent plus de la propagande commerciale que de résultats expérimentaux rigoureux.

D. — Traitements de la coulure physiologique.

Les remèdes de base de la coulure physiologique sont naturellement aussi nombreux que ses causes multiples qui viennent d'être énumérées en partie et il n'entre pas dans le cadre de ce rapport de les traiter. Deux pratiques viticoles, analysées en détail par J. Branas, G. Bernon et L. Levadoux (5) possèdent un effet bénéfique sur la coulure due à un excès de vigueur ou aux conditions climatiques : le *rognage* ou *pincement* de l'extrémité des rameaux et *l'incision annulaire.*

Par l'opération du *rognage* effectuée immédiatement après la floraison on élimine momentanément les récepteurs privilégiés que sont les bourgeons terminaux et les jeunes feuilles en voie de croissance, ce qui réduit partiellement l'abcission des jeunes baies.

L'incision annulaire (enlèvement d'un cylindre d'écorce et de liber à la base des branches à fruits) provoque le même effet en empêchant les matières, élaborées par les feuilles, d'alimenter le tronc et les racines et en améliorant ainsi l'alimentation des baies.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Bernon (G.). — Recherche sur la coulure. *Annales de l'E. N. A. M.* t. XXIV, Fasc. 1, 57-68, 1936.

(2) Boyer (L. A.). — La coulure et le millerandage. *Vigneron Champenois*, 263-269, 1946.

(3) BRANAS (J.). — La coulure, maladie physiologique. *Progrès Agric. et Vitic.*, t. CXLVIII, 273-279, 1957, I.

(4) BRANAS (J.) et BERNON (G.). — La carence de bore dans les vignobles français. *Progrès Agric. et Vitic.*, t. CXLVI, 259-270, 334-343, 388-394, 1956, II.

(5) BRANAS (J.), BERNON (G.) et LEVADOUX (L.). — *Eléments de Viticulture Générale.* Montpellier, 1946.

(6) CHOUARD (P.). — *Dormances et inhibitions des graines et des bourgeons. Préparation au forçage. Thermopériodisme.* Centre de Doc. Un. Paris, 1951.

(7) FRANÇOT (P.) et MAURO (J.). — Recherches raisonnées sur les différences de sorties observées en Champagne en 1947 suivant les systèmes de taille. *Progrès Agric. et Vitic.*, 65e année, 44-56, 1948.

(8) FRANÇOT (P.) et MAURO (J.). — Action des Phytohormones sur la vigne. *Bull. O. I. V.*, no 214, 32-45, 1948.

(9) HUGLIN (P.). — Recherches sur les bourgeons de la vigne : initiation florale et développement végétatif. *Annales Am. Pl.*, II, 113-272, 1958.

(10) HUGLIN (P.) et JULLIARD (B.). — Action de l'hydrazide maléique sur la vigne. *Vitis*, **2**, 64-70, 1959.

(11) LEVADOUX (L.). — Étude de la fleur et de la sexualité chez la vigne.

(12) MERJANIAN et RAVAZ (L.). — Sur la coulure de la vigne. *Progrès Agric. et Vitic.*, t. VIC, 545-550, 1930, II.

(13) VIALA et PECHOUTRE. — *Ampélographie de Viala et Vermorel*, p. 130-132, Masson et Cie, Paris, 1910.

Le Directeur Gérant ; B. LACLAVIÈRE.

SYNONYMIE AMPÉLOGRAPHIQUE

DICTIONNAIRE VITICOLE FRANÇAIS

[illegible]

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 22-2-1961.

Dépôt légal : 1e trimestre 1961. *N° d'impression 478.*

SYNONYMIE AMPÉLOGRAPHIQUE DE L'OUEST VITICOLE FRANÇAIS

SYNONYMIE AMPÉLOGRAPHIQUE DE L'OUEST VITICOLE FRANÇAIS

PAR

J.-P. ARTOZOUL, J. BAUDEL, J. BISSON
M. DURQUETY, R. GUILLOT, P. LAGARD, L. LEVADOUX

Publié avec le concours du Comité interprofessionnel des Vins de Bergerac

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149, rue de Grenelle - Paris

En constatant que sept auteurs ont contribué à l'élaboration de cette mince plaquette, certaines personnes auront sans doute un sourire ironique qui se changera, j'en ai peur, en sourire de pitié lorsque je leur aurai confié que le présent travail résume pour le moins dix années d'observations passionnées et d'amicales confrontations.

Jalonnée par vingt publications dont la plus ancienne remonte à 1945 et dont la plus récente est encore sous presse, cette recension, toujours poussée plus loin, sans cesse discutée et reprise, semblait vouée à un éternel devenir.

Seules les circonstances qui éloignent plusieurs d'entre nous et qui réduisent la mobilité efficace de plusieurs autres, nous ont amenés à présenter au public un travail dont nous voyons mieux que quiconque les imperfections et les lacunes.

Dénombrer les cépages cultivés à l'intérieur d'une région viticole donnée et dresser la liste des synonymes par lesquels ils sont communément désignés peut paraître une tâche de bien faible envergure et d'un mince intérêt.

Nous pouvons dire, à notre décharge, que ce sont nos obligations professionnelles qui nous ont d'abord poussé à l'accomplir. Il est, en effet, difficile de travailler sur un matériel viticole que l'on ignore, soit qu'on ait la charge de le contrôler, soit qu'on désire l'améliorer.

Mais une synonymie ampélographique n'est pas réservée aux seuls spécialistes. L'expérience nous a prouvé, au contraire, que les pépiniéristes et les viticulteurs y attachaient un grand prix, car elle peut leur permettre d'éviter de nombreuses erreurs. Un vigneron du Libournais qui commande du Petit Bouchet, qui est le Cabernet, à un pépiniériste méridional a beaucoup de chances de recevoir du Petit Bouschet qui est un tout autre cépage sans qu'on puisse accuser de mauvaise foi ni le vigneron, qui, de ce fait, introduit dans son vignoble d'appellation un cépage non autorisé, ni le pépiniériste qui croyait bien fournir à son client la marchan-

dise demandée. Cet exemple n'est pas, hélas, isolé, des confusions fréquentes se produisent entre l'Ugni blanc (Muscadet en Bordelais) et le Melon (Muscadet en Nantais), le Chenin (Pineau dans le Val de Loire) et le Pinot de Bourgogne ou le Chardonnay (dit Pinot Chardonnay), le Cinsaut et le Baroque tous deux appelés Bordelais, l'Abouriou et le Malpé confondus sous le nom de Beaujolais, etc.

La vulgarisation des connaissances synonymiques permettra également d'éviter les erreurs dans la rédaction et l'interprétation des textes législatifs relatifs à l'encépagement et rendra, nous en sommes assurés, de grands services à tous ceux qui ont intérêt à ce que ces textes, une fois promulgués, soient convenablement appliqués.

La synonymie que nous publions n'intéresse, il est vrai, que l'Ouest viticole français, c'est-à-dire essentiellement le Haut-Languedoc, la Guyenne, la Gascogne, le Pays des Charentes, le Poitou, l'Anjou, la Touraine, ainsi que quelques territoires adjacents de la Bretagne, de l'Orléanais, du Berry, du Bourbonnais et du Nivernais ; en gros, la totalité du bassin de la Garonne et la portion inférieure et moyenne du bassin de la Loire.

Cette zone renferme en totalité la surface viticole de 32 départements et une portion de celle de trois départements marginaux (la Nièvre, l'Allier et le Cantal), elle correspond à une superficie de plus de 600 000 ha de vigne, soit environ la moitié de la superficie totale du vignoble français.

Bien qu'ordinairement divisé en deux sous-régions, le Sud-Ouest et le Centre-Ouest, l'Ouest viticole français n'est pas une création artificielle. Dès l'époque préhistorique, cette vaste région s'est trouvée en relation avec les pays riverains de la mer du Nord : Grande-Bretagne, Pays-Bas, Scandinavie, état de fait que son allégeance à la couronne d'Angleterre, au cours du moyen âge, devait consolider pour de longs siècles. Alors que la cour capétienne et le peuple de Paris orientaient leur choix vers les crus de Champagne et de Basse-Bourgogne, Angers, La Rochelle, Bordeaux et Bayonne exportaient leur production et celle de l'arrière-pays vers les contrées scandinaves et anglo-saxonnes.

L'Ouest viticole est également caractérisé par un encépagement assez homogène ; les mêmes groupes de cépages se rencontrent partout, seules varient, avec les vignobles, les proportions réservées à chaque cépage. Ce qui distingue surtout le sud du nord, c'est l'immixtion des variétés méridionales dans le bassin de la Garonne et de la Charente, l'implantation ancienne de cépages bourguignons dans la partie du bassin de la Loire qui nous intéresse. Plus tard, à l'époque de la Reconstitution, le Sud-Ouest, et en particulier le département du Lot-et-Garonne, emprunta au couloir rhodanien de nombreux cépages. Enfin, de nos jours, la culture des raisins de table motiva, sur une échelle réduite, l'introduction de certaines variétés d'origine orientale. Tous ces cépages sont énumérés

par notre liste mais la partie synonymique n'intéresse évidemment que la région prospectée par nos soins. Les autres synonymes ne sont évoqués qu'occasionnellement ou accidentellement et ne font jamais l'objet d'un renvoi.

Pour les noms principaux, ceux qui figurent en caractères gras, nous nous sommes imposés, comme règle, d'innover le moins possible, afin de ne pas augmenter une confusion regrettable. En principe, c'est à l'ampélographie de Viala et Vermorel que ces noms, ainsi que leur orthographe (même fautive) sont empruntés. Chaque fois que nous avons dérogé à cette ligne de conduite c'est que des raisons pertinentes nous y poussaient (erreur flagrante, confusion, double description, incertitude, antériorité historique). Pour être plus courts et connaissant l'immense confiance dont le public viticole veut bien nous honorer, le motif de ces dérogations est ordinairement passé sous silence ; on en trouvera d'ailleurs le plus souvent l'explication dans nos écrits antérieurs.

Le même souci d'être bref, et de ne pas noyer, dans de longues digressions philologiques, l'objet même de notre travail, nous en a fait bannir, sauf dans un cas, les considérations étymologiques qu'on rencontrera également dans nos précédentes publications. L'exception en question est relative au mot « Cot » que j'avais cru pouvoir dériver de l'occitan « costo ». Sur les conseils bienveillants du regretté linguiste Albert Dauzat qui s'intéressait à nos recherches, j'ai été amené à reprendre la question et à proposer ici une étymologie bien différente qu'on trouvera en son lieu.

Dans la transcription des synonymes, généralement orthographiés à la diable par nos prédécesseurs, nous avons cru pouvoir jouir d'une plus grande latitude sauf dans le cas assez rare où un usage valable nous paraissait suffisamment établi. Lorsqu'il s'agit de termes dialectaux ayant une signification actuelle précise nous avons cru pouvoir en donner la traduction pure et simple, c'est-à-dire sans autre argument philologique. Beaucoup de ces termes, destinés à disparaître dans un proche avenir, ne manquent pas de pittoresque et méritaient d'être rapportés.

En dépit des précautions prises pour éviter toute erreur de lecture en faisant précéder les homonymes de numéros qui permettent de les distinguer, la consultation de notre synonymie demandera une certaine prudence de la part des utilisateurs. Je recommande donc à chacun d'avoir le plus grand soin de lire la totalité du texte se rapportant à une même rubrique et de ne pas manquer de se reporter aux renvois mentionnés. Pour fastidieux que puissent paraître ces renvois continuels, nous n'avons pu, à notre grand regret, les éviter à nos lecteurs. Etre plus systématiques nous aurait conduits à être faux, en raison de la nature même de la matière dont nous traitions.

Ceux qui consulteront cette synonymie devront toujours avoir présent à l'esprit qu'un cépage n'est pas une réalité nettement définie mais un groupement aux contours fuyants : une collection d'individus multipliés végétativement et présentant entre eux des ressemblances suffisantes pour que le vigneron n'ait pas cru nécessaire d'établir entre ceux-ci de différences onomastiques. Le cépage correspond donc à un concept purement intuitif et ne possède qu'une réalité pragmatique. Ce n'est pas une variété au sens botanique du terme, ni une population naturelle quelconque, ni un clone, mais une collection arbitraire plus ou moins riche de clones que les variations phénotypiques ne nous permettent pas d'analyser de façon immédiate et complète.

Dans le corps de notre publication nous distinguons, non sans une certaine part d'arbitraire, les cépages homogènes composés de clones que seule une analyse clonale très poussée peut mettre en évidence, des cépages-populations dont l'hétérogénéité décelable *in situ* est rapidement vérifiée par l'analyse clonale. Mais il n'y a, entre les uns et les autres, qu'une différence de degré dans l'hétérogénéité et pour être commodes, ces termes ne sont pas susceptibles de recevoir une définition plus précise que le terme cépage lui-même. Par voie de conséquence, ceci s'applique aussi aux « groupes » ou « familles » de cépages que nous mentionnons et aux « formes » ou « types » que nous signalons parfois à l'intérieur du cépage. On conçoit que sur des bases aussi discutables il ne nous ait pas toujours été possible d'être aussi affirmatifs que nous aurions désiré l'être et que nous aurions pu l'être si d'autres problèmes ampélographiques avaient été résolus. Il convenait de signaler cet état de fait ; il est, par contre, inutile de s'y attarder trop longtemps. C'était bien de cépages, réalités vigneronnes et non d'abstractions, que nous avions à traiter. Nos connaissances sortent des vignes ; la collection ampélographique, la collection clonale n'ont été pour nous que des moyens de contrôle, des repères permanents mais vivants. Lorsqu'une synonymie n'a pu être établie qu'en collection, le fait est toujours indiqué.

Il faut alors entendre que le cépage introduit de tel pays sous tel nom se trouve être tel cépage connu. Cette précaution permet d'attirer l'attention sur une erreur toujours possible lors du marquage, du ramassage, du passage en pépinière ou de la mise en place. La collection ampélographique la plus souvent citée est celle de la Grande-Ferrade où nous avons eu l'occasion de nous réunir ensemble le plus souvent. Une partie de cette collection se retrouve au Domaine de Vassal et fait l'objet des observations diligentes et précieuses de notre ami Truel dont le nom est plus souvent sous-entendu que cité dans le présent travail.

A la suite de certaines synonymies apparaît, en effet, la mention de la personne qui nous a mis le premier sur la bonne piste, en particulier :

MM. Bertrand, Lavignac et Pourcharesse. Qu'ils veuillent trouver ici l'expression de notre gratitude et en cas d'omission nos excuses les plus vives.

Les sept auteurs n'ont pas cru devoir signaler la part qui revient à chacun d'entre eux dans l'établissement de la synonymie, il est vite devenu évident que les résultats acquis l'avaient été par tous et que peu d'entre eux pouvaient se prévaloir de l'autorité d'un seul.

On me permettra cependant de signaler le rôle supplémentaire, ingrat, dont a bien voulu se charger M. Bisson en rédigeant, à partir de ses notes et des travaux signalés dans la bibliographie, l'avant-projet sur lequel chacun de nous devait travailler ensuite. Sans lui, cette étude n'aurait vraisemblablement pas vu le jour.

Je pense également être l'interprète de tous en remerciant une personne qu'on oublie trop souvent de remercier, la dactylographe. C'est, en effet, grâce à sa longue pratique des noms de cépages que par deux fois, Mme Bisson a pu, avant de quitter mon Service, assurer la frappe rapide et correcte d'un texte qui, sans elle, nous eût donné bien du tracas.

L. L.

Abondance 1.

Cépage noir du bassin de la Loire ; différent du Gamay, il serait plutôt apparenté au Grolleau.

= *Gamay d'Orléans* (Ch. BACON *in* Ampélographie Viala et Vermorel, **4** : 115). Ce nom, le plus répandu, doit être écarté comme prêtant à confusion.

= *Pineau rouge,* parfois en Anjou.

= *Caylar,* Aveyron.

ABONDANCE 2. Type de *Chenin blanc* gros producteur, Savennière, M. et L.

ABONDANCE 3 ou ROUGE D'ABONDANCE, cf. Grolleau.

Abouriou 1 (c.-à-d., *précoce* en languedocien).

Cépage noir de cuve commun dans le Sud-Ouest et notamment à la limite du Marmandais et de l'Entre-deux-Mers d'où il s'est probablement répandu en Dordogne, dans la vallée du Lot et jusqu'en Médoc sous les noms les plus divers. La dénomination d'Abouriou semble actuellement être sortie de l'usage mais elle a été officialisée récemment et il est difficile de lui en préférer une autre.

= *Beaujolais,* Lot-et-Garonne, Réolais.

= *Gamay Beaujolais,* Entre-deux-Mers.

= *Gamay du Rhône,* vignoble de Cahors.

= *Malbec argenté,* Médoc (P. Pourcharesse).

= ? *Négret* (de la Canourgue), Lozère.

= *Noir hâtif,* Villamblard, Dordogne.

= *Précoce noir,* parfois en Dordogne.

= *Pressac de Bourgogne,* Libournais (P. Pourcharesse).

ABOURIOU 2, cf. Précoce Bousquet.

ACHÉRIA (c.-à-d., *renard* en basque), cf. Cabernet franc.

ACHÉRIA MOYETA, cf. Ardounet.

Admirable de Courtiller.

Cépage de table blanc. Tarn-et-Garonne, Haute-Garonne.

Ahumat (c.-à-d., *enfumé* en béarnais).

Cépage de cuve blanc du Jurançonnais (LAPPARENT *in* Viala et Vermorel 6, 171).

Alicante-Bouschet.

Cépage teinturier rencontré un peu partout dans l'Ouest viticole français.

Aligoté.

Cépage blanc d'origine bourguignonne rencontré à l'état de souches isolées en Haute-Garonne et dans le Tarn.

Alphonse Lavalée.

Cépage de table noir cultivé en Haute-Garonne et dans le Tarn-et-Garonne.

AMBRÉ, cf. Arrufiac.

AMBROISIE, cf. Malvoisie 5.

AMOUNÉDAT (c.-à-d., *riche, bien pourvu* en béarnais), cf. Folle blanche.

ANGLAS, cf. Calitor noir.

Aramon.

Ce cépage méridional se rencontre parfois en Ariège, Haute-Garonne, Tarn et Tarn-et-Garonne.

Arbois (francisation sans doute fautive de la forme locale *Orboué, Orbois*).

Cépage de cuve blanc apparenté au Chenin et qui se rencontre presque uniquement en Loir-et-Cher et Indre-et-Loire.

= *Menu, Menu pineau.*

Ardounet ou **Ardonnet** (c.-à-d., *arrondi* en béarnais).

Cépage de cuve noir des Basses-Pyrénées qui se rapproche du Verdau.

= *Achéria moyeta*, Pays basque.

= *Gros Verdau* 1, Prignac, Gironde.

ARREFIAT

1, cf. Arrufiac.

2, cf. Raffiat.

ARRIBET, ARRIVET, LARRIVET, RIVET, cf. Franc noir de l'Yonne.

Arrouya 1 (c.-à-d., *rouge, rougeâtre* en béarnais).

Cépage de cuve tardif du Jurançonnais voisin du Fer Servadou (cf. de Lapparent *in* Viala et Vermorel **4** : 172).

ARROUYA 2, cf. Mansenc noir.

Arrufiac.

Cépage blanc du Vic-Bilh, voisin du Courbu appartenant à la catégorie des Pacherencs. Il partage avec le Raffiat de Moncade une abondante synonymie : Arréfiat 1, Arrefiac, Arreffiat, Arufiat, Arafiat, Ruffiac-1, etc..

= *Ambré,* Monein, Basses-Pyrénées.

Aspiran.

Cépage méridional qui se rencontre à l'état de souches solées en Haute-Garonne et dans le Tarn.

Aspiran-Bouschet.

Cépage teinturier issu de métissage qui se rencontre en impureté dans le Sud-Ouest.

= *Grand noir de Laques,* Puy-l'Evêque, Lot.

AUGEVIN (Languedocien *augebi, augibi,* raisin sec).

1 cf. Gros vert.

2 cf. Panse.

AUNIS, cf. Chenin noir.

AUVERNAT 1.

Ce mot est employé comme synonyme de Pinot en Orléanais où l'on distingue :

l'*Auvernat blanc* ou Chardonnay,

l'*Auvernat gris* ou Pinot gris,

l'*Auvernat noir* ou Pinot noir.

AUVERNAT 2.

Cépage non identifié, Roquefort, Landes.

AUXERROIS et en patois du Quercy AUSSÉRÉS, cf. Cot.

AUXERROIS, GROS cf. Valdiguié.

AUXERROIS PARDES.

C'est l'Auxerrois-Rupestris vieil hybride producteur-direct noir, encore appelé hybride Pardes.

BALOUZAT OU EMBALOUZAT (c.-à-d., *velouté* en gascon).

Utilisé en Gironde notamment, ce vocable, assez mal fixé, peut désigner :

1, le Béquignol,
2, le Cot,
3, la Mérille.

BALZAC.

Prononcé ordinairement *balza,* ce mot a été rhabillé en *Balza-* ou *Balzar* (d). On connaît sous ce nom :

1, le Balzac noir des Charentes qui est le Mourvèdre de Provence (L. RAVAZ).

2, le Balzac noir de Touraine qui est le *canaril.*

Balzac blanc.

Cépage blanc des Charentes du groupe taxonomique des Folloïdes. Décrit par L. RAVAZ (Le Pays du Cognac : 97-99). C'est aujourd'hui un cépage de collection.

Baroque.

Cépage blanc de Gascogne voisin du Melon ou Muscadet mais plus tardif.

= *Barroque,* périphérie du Tursan et jusqu'en Lot-et-Garonne.
= *Bordelais* 1, *Blanc bordelais, Plant bordelais, Petit bordelais, Boudalès, Bourdalès,* Chalosse et Tursan.
= *Bordeleza zuria* 1, Pays basque.
= *Escripet,* accidentellement à St-Boës, Landes.
= *Folle,* parfois dans les vignobles landais.
= *Muscadelle de Nantes,* accidentellement à Ruch, Gironde.
= *Sable blanc, pro parte* dans le vignoble des sables landais.

BARROQUE, cf. Baroque.

BASTONAL, cf. Colombau.

BEAUJOLAIS
1, cf. Abouriou.
2, cf. Malpé.

BELLE CITAT, cf. Canaril.

Béquignol (c.-à-d., *petit bec* en gascon).

Cépage noir de cuve que l'on rencontre de nos jours sporadiquement mais qui a dû connaître jadis une extension plus importante dans tout l'ouest viticole. Bien qu'il partage avec le Fer Servadou une partie de sa synonymie, le Béquignol est sans rapport avec ce dernier cépage et appartient au groupe taxonomique des Chenins. Des mutations de ce cépage, quelquefois grises et plus souvent blanches, plus ou moins bien

fixées, se rencontrent fréquemment dans les vignobles landais et girondins.

= *Balouzat,* par erreur à Cussac, Gironde.
= *Béquin rouge,* parfois région de Saint-Macaire et La Réole, Gironde.
= *Blanc fer,* Bégadan, Gironde.
= *Breton* 2, Dissay, Vienne.
= *Cabernet* 4, Dissay, Vienne.
= *Camerouge,* Margaux, Gironde.
= *Chalosse noire* 1, Blayais, Gironde.
= *Chaussé* ou *Chausset,* Saint-Loubès, Gironde.
= *Durif* 2, Miramont-de-Guyenne, Lot-et-Garonne.
= *Egrenant,* limite de la Dordogne et de la Charente.
= *Embalouzat,* fréquemment en Entre-deux-Mers.
= *Enrageat rouge,* St-Pierre d'Aurillac, Gironde.
= *Fer* 1, un peu partout en Bordelais.
= *Grosse hère, Hère,* Marmandais, Buzet, Lot-et-Garonne.
= *Jurançon,* à tort en Dordogne.
= *Mançais noir,* Canton de Preuilly-sur-Claise, Indre-et-Loire.
= *Micardeau,* Bas-Médoc.
= *Négrotte,* Bégadan, Gironde.
= *Noir de Valin,* Blayais.
= *Prunelard* 3, confins de la Dordogne et de la Charente.
= *Sencit gris,* vignoble des Sables landais (cette dernière forme peut être noire ou gris panaché).

BÉQUIN (c.-à-d., *petit bec* en gascon) cf. Ondenc.

BÉQUIN ROUGE, cf. Béquignol.

Berdomenel.

Ancien cépage blanc de l'Ariège. A Dalou, Ar., on rencontre sous ce nom l'Aramon gris.

BERLIGOUT, cf. Pinot noir.

BESPARO ou VESPAROL, cf. Cot.

BIAUNE ou PETIT BIAUNE, cf. Melon ou Muscadet.

Bicane.

Cépage de table à gros grains blancs. Sa fleur est fonctionnellement femelle.

= *Chasselas Napoléon* (localement en Tarn-et-Garonne).

BIDAN (LE), cf. Canaril.

BIGNEY, BIGNEY ROUGE (c.-à.-d., *pied de vigne, treille,* en gascon), cf. Merlot.

BLANC D'ALGÉRIE, cf. Listan.

BLANC D'ANJOU,
1 cf. Chenin.
2 cf. Listan.

Blanc Auba 1 ou **Blanc Aouba.** (Le mot gascon *auba* peut désigner n'importe quelle plante d'aspect blanc.)

Cépage blanc caractérisé, souvent confondu avec l'Ugni blanc ou Saint-Emilion des Charentes qui l'a vraisemblablement éliminé de nombreux vignobles des Côtes de Bordeaux et de l'Entre-deux-Mers et qui, en certains cas, a même usurpé son nom (v. Blanc Auba 2). En réalité, bien que présentant des caractères voisins, le Blanc Auba se distingue aisément de l'Ugni blanc par la coloration de sa feuille, la forme de sa grappe et de ses sarments, la teinte de son raisin à maturité et enfin la qualité de ses produits.

BLANC AUBA 2.

Par confusion avec le précédent, ce nom a pu être donné à l'Ugni blanc sans aucune distinction de type. Dans d'autres cas, il sert à désigner des populations d'Ugni blanc plus archaïques que celles actuellement multipliées, à feuille plus petite, moins découpée, pubescente-duveteuse en dessous et à grappes, semble-t-il, plus courte, moins acide et plus sucrée.

BLANC D'AUNIS, cf. Chenin blanc.

BLANC BORDELAIS ou PLANT BORDELAIS, cf. Baroque.

BLANC DE BORDEAUX, cf. Listan.

BLANC DAME ou BLANC MADAME, cf. Clairette de Gascogne.

BLANC DOUX 1, cf. Sauvignonnasse ; 2, cf. Sémillon.

BLANC EMERY
1, cf. Chenin.
2, cf. Colombard.

BLANC FER, cf. Béquignol.

BLANC FUMÉ, cf. Sauvignon.

BLANC DE GAILLAC, cf. Ondenc.

BLANC LAFFITE, cf. Mauzac. (L'orthographe de Laffite est purement fantaisiste.)

BLANC LIMON, cf. Pé d'auque.

BLANC LEROY, cf. Listan.

BLANC DE NANTES, cf. Melon.

BLANC-RAMÉ, cf. Meslier.

BLANC-SÉMILLON, cf. Sémillon.

BLANC SÉLECTION CARRIÈRE, cf. Ondenc.

Blanc Verdet ou **Blanc Berdet.**

Ancien cépage blanc caractérisé de Gironde qui subsiste à l'état de traces dans les premières Côtes de Bordeaux (Gabarnac).

Blanc vert.

Cépage blanc cultivé à Lavilledieu, Tarn-et-Garonne, également rencontré à Fronton, Haute-Garonne, sous le nom de *Plant de Notre-Dame.*

Blancard 1.

Cépage de table blanc de la région de Lagor-Vielleségure, Basses-Pyrénées.

BLANCARD 2, cf. Crouchen.

Blanquette.

Ce nom est porté dans le Sud-Ouest notamment par de nombreux cépages blancs cultivés ou supposés cultivés à Limoux, en particulier :

1 le Bourboulenc.
2 la Clairette de Gascogne.
3 la Clairette de Provence.
4 le Colombard.
5 le Colombau.
6 la Graisse ou Plant de Graisse,
7 le Mauzac.
8 l'Ondenc.

BLANQUETTE AVENTIVE, BLANQUETTE ADVENTIVE (c'est-à-dire *précoce,* en français local), cf. Mauzac.

BLANQUETTE CANNE GROS (c.-à-d., à *gros sarment,* languedocien), cf. Colombau.

BLANQUETTE GRISE
1, cf. Clairette de Gascogne.
2, cf. Clairette de Provence.
3, cf. Graisse.

BLANQUETTE DU MIDI, cf. Clairette.

BLANQUETTE ROUGE, cf. Canaril.

BLANQUETTE SUCRÉE, cf. Ondenc.

BLAYAIS, cf. Meslier.

Bobal.

Cépage noir de la Haute-Garonne. Sa souche très vigoureuse lui confère l'aspect du Carignan. Il est différent du Bobal de l'Aude.

= *Carignan d'Espagne* à Fronton, Haute-Garonne.

BOIS DROIT, cf. Fer Servadou.

BON BLANC
1, cf. Chenin.
2, cf. Colombard.

BORDEAUX, cf. Meslier.

Bordelais, *en langue d'Oc* ; **Bourdalés, Boudalés,** *en basque* : **Bordeleza.**

Nom donné à de nombreux cépages supposés, souvent à tort, originaires du Bordelais :

1 Baroque (Bordelais, Boudalés, Bordeleza zuria).
2 Courbu (Bordeleza zuria).
3 Fer Servadou.
4 Grolleau (Bourdalés).
5 Mérille (Bordelais, Boudalés).
6 Tannat (Bordelais, Bordeleza belcha, Bourdalés).

On rencontre encore sous ce nom, mais plus rarement, dans les Basses-Pyrénées, le Merlau et un cépage rouge assez voisin du Baroque.

BORDELEZA v. Bordelais.

BOUCHALÈS (variantes : *Boucharès, Boucherès, Bouchedey*)
1, cf. Grappu,
2, cf. Cot.

Bouchet (c.-à-d., *buis, buisson* en gascon).

Population de Cabernet particulière à la région de Libourne. On y distingue deux types : une forme productive, le Bouchet ou gros Bouchet à grappes plus grosses que celles du Cabernet franc (quelquefois c'est tout simplement du Cabernet-franc) et une forme fine, le Petit Bouchet, Cabernet ou Bouchet-Sauvignon intermédiaire entre le type Bouchy (v. ci-dessous) et le Cabernet-Sauvignon (quelquefois c'est tout simplement du Cabernet-Sauvignon).

N. B. On aura soin de ne pas confondre le mot **Bouchet** avec son homonyme. **Bouschet.**

Il se trouve, en effet, que dans le cours du XIX^e^ siècle un viticulteur méridional du nom de Louis BOUSCHET a obtenu par métissage deux cépages teinturiers : le *petit Bouschet* et le gros *Bouschet*. Il s'en est suivi quelques

erreurs dans les transactions commerciales. Il est donc nécessaire de préciser Bouchet de Saint-Emilion.

Bouchet-Sauvignon, v. ci-dessus.

Bouchy (c.-à-d., *buis, buisson* en béarnais).

Population de Cabernet intermédiaire entre le Cabernet-franc du Médoc et le petit Bouchet de Saint-Émilion. On la rencontre dans le Bassin de l'Adour où ce nom peut également servir à désigner le Cabernet-franc.

Boudalés, v. Bordelais.

Bouguieu (c.-à-d., *vigoureux, ramifié, trainant,* en gascon), cf. Claverie.

Bouillan, cf. Gouais.

Bouilleaud, cf. Gouais.

Bouillenc
1, cf. Gouais.
2, cf. Muscadelle.

Bouiller noir.

Cépage noir de la Dordogne (Belvès), du Lot et du Lot-et-Garonne. Ce cépage mal identifié par les vignerons est souvent assimilé aux cépages les plus divers et en particulier à la Folle noire et au Jurançon rouge avec lesquels il se trouve en mélange.
= *Fouine,* partie du Lot limitrophe du Lot-et-Garonne.
= *Gamay* 3 par erreur à Marmande, L.-et-G.
= *Mondeuse noir* 1 à Villefranche sur Lot, L.-et-G.
= *Plant dame noir,* Lauzerte, T.-et-G.
= *Plant de Mérille,* Lot.
= *Quillard* 1, Lot.

Bourboulenc.

Cépage méridional blanc rencontré surtout dans le Tarn et la Haute-Garonne.
= *Oundenc,* Villaudric, Hte-Gne.
= *Blanquette* 1, parfois.

Bourdalés, cf. Bordelais.

Bourgogne.

On rencontre sous ce nom divers cépages supposés, généralement à tort, originaires de Bourgogne. Peut désigner :
1 le Canaril,
2 la Négrette ou Ragoûtant,

3 un cépage noir encore mal déterminé rencontré dans les environs d'Oloron, B.-P.

BOUSQUET PRÉCOCE, cf. précoce Bousquet.

Boutignon, Boutignou.

Cépage noir individualisé du Blayais (Collection Grande-Ferrade) apparenté au Sémillon par le feuillage. Comme il en est pour le nom de toutes les formes peu connues celui du Boutignou peut être appliqué à divers cépages rares et non identifiés localement.

Bouton blanc.

Ce terme girondin désigne plutôt une particularité ampélographique qu'un cépage proprement dit. Le terme peut s'appliquer notamment :

1 au Béquignol,

2 à la Carménère,

3 au Saint-Macaire,

4 au Verdau ou Petit Verdau.

Bouysselet.

Cépage blanc de Villaudric, Hte-Gne, à port dressé et à rameaux rouges.

= *Prunelard blanc* à Fronton, Hte-Gne.

BOYAU, cf. Colombau.

BRAQUET BLANC, cf. Jurançon blanc.

BRAUCOL, cf. Fer servadou.

BRETON

1, Forme de Cabernet franc cultivée en Anjou, Touraine et Poitou.

2, Béquignol à Dissay, Vienne, où on le nomme encore Cabernet et Plant de Dissay.

Brun argenté.

Cépage noir du Vaucluse, peut-être présent dans le vignoble de Lavilledieu sous le nom de Cinsaut 2.

Cabernet 1.

Cépage-population auquel les vins rouges fins de l'Ouest et en particulier ceux de Bordeaux doivent leur renommée. On distingue dans cette population très polymorphe des formes plus ou moins bien caractérisées. Il s'ensuit que la même désignation peut s'appliquer tantôt à plusieurs formes voisines, tantôt à une seule forme comme l'indique le tableau suivant où les types donnés sont classés en allant des formes à feuilles très découpées aux formes à feuilles moins découpées.

Types élémentaires.

Cabernet-Sauvignon petit Bouchet de Saint-Emilion	Cabernet-Sauvignon
Bouchy (Béarn) ou Achéria (P. basq.) Cabernet-franc du Médoc Breton Bouchet ou gros Bouschet	Cabernet-franc
Morenoa	type spécial
Carménère	type spécial.

Cabernet 2.

Désigne le plus souvent le Cabernet-franc mais peut (3) servir à nommer le Cabernet-Sauvignon dans les vignobles où le Cabernet-franc porte un autre nom (St-Émilion, Gde, Mareuil, Vendée).

CABERNET 4, cf. Béquignol.

CABERNET 5, cf. Grolleau.

Cabernet-franc.

Cette forme, la plus répandue de la population, possède de nombreux synonymes qui correspondent souvent, mais non toujours, à des origines et à des types différents.

= *Achéria*, Pays Basque.
= *Arrouya* 2 *pro parte* à la périphérie du Jurançonnais.
= *Bouchet* ou *Gros Bouchet*, Libournais, Gde.
= *Bouchy*, Bassin de l'Adour.
= *Breton* 1, Anjou, Touraine, Poitou.
= *Cabernet* 2, par opposition au Cabernet-Sauvignon, fréquent.
= *Cabernet-franc* du Médoc.
= *Capbreton rouge* 1, vignoble des Sables landais.
= *Couahort* 1, *pro parte* à Madiran, Htes-Pyr.
= *Gamay de Riceney*, par erreur à Mareuil, Vendée.
= *Messanges rouge* 1, vignoble des Sables landais.
= *Noir dur*, Loiret.
= *Pineau d'Aunis* 1, par erreur à Montjean, St-Jean des Mauvrets, Blaison, M.-et-L.
= *Pinot fin de Pernand*, par erreur à Mareuil, Vendée.
= *Sable rouge*, vignoble des Sables landais.
= *Trouchet noir*, région de Monein, B.-P.

En Médoc, en particulier, se rencontrent des sélections qualifiées par un adjectif rappelant soit la couleur du bourgeonnement, soit celle du sarment l'hiver, ex. : Cabernet blanc, Cabernet gris.

Cabernet Boudable ou **Goudable.**

Cépage noir mal déterminé des premières Côtes de Bordeaux (Quinsac) mais éloigné de la population des Cabernets.

Cabernet Malbec Elie.

Métis obtenus aux environs de 1890 par croisement entre le Cabernet et le Malbec par un pépiniériste du Bourgeais J. ELIE. On trouve quelquefois dans le vignoble girondin des représentants des n° 1, 2, 3 et 4.

Cabernet-Sauvignon.

Forme de Cabernet la plus découpée, la moins productive et fournissant les vins les plus fins de la population.

= *Cabernet* 3, Libournais.
= *Petit Bouchet*, Libournais.
= *Petit Cabernet*, sporadiquement en Gironde.
= *Sauvignon* 2 par abréviation en Médoc.
= *Sauvignon rouge*, parfois dans le Centre.

CADET, cf. Ugni blanc.

CADILLAC ou CADILLATE, cf. Ugni blanc.

CAGARAOUS (c.-à-d., *coulard* en béarnais). Forme coularde du Lercat.

Cahors.

Ce nom a pu désigner ou désigne encore divers représentants du groupe des Cots.

1, le Cot,
2, la Mérille,
3, la Négrette,
4, le Valdiguié.

CAILLABA.

1, cf. Canaril.
2, cf. Fer servadou.
3, il existerait également dans les Pyrénées un Muscat Caillaba.

CALABRE, cf. Cinsaut.

Calitor noir.

Cépage du Midi que l'on rencontre sporadiquement dans la Haute-Garonne, l'Ariège et le Tarn-et-Garonne.

= *Anglas*, Villaudric, Hte-Gne.
= *Piquepoul* 1, Fronton, Hte-Gne.
= *Rousselin noir*, Lot.
= *Rouxal*, Tarn.
= *Sang de bœuf*, B.-P.
= *Siège noir*, Ariège.

Camerouge (c.-à-d., *jambe rouge* en gascon), cf. Béquignol.

Camirouch (m. s. que camerouge), cf. Fer Servadou.

Camobraque (c.-à-d., jambe courte), cf. Folle blanche.

Canaril (prononcer le *-il* comme dans *fusil*).

Cépage noir originaire des Pyrénées centrales que l'on retrouve fréquemment dans tout le Sud-Ouest et même dans la vallée de la Loire.

= *Balzac* 2, Touraine.
= *Belle citat,* Ariège.
= *Le Bidan,* Ariège.
= *Blanquette rouge,* Caussens, Gers.
= *Bourgogne* 1, Touraine.
= *Caillaba* 1, Bigorre.
= *Carcassès,* Ariège.
= *Cargo nalt,* Ariège.
= *Chalosse noire* 2, sporadiquement dans le Sud-Ouest.
= *Cot à queue verte, Cot vert* 1, *Côte verte* 1, *Cot vert du Saumurois,* Anjou.
= *Esquisse braguette,* Ariège.
= *Œil de chope,* Villaudric, Hte-Gne.
= *Ondenc noir,* Languedoc toulousain.
= *Sainte-Hélène,* Madiranais.
= *Ugne noir,* Ariège.

Caoba, cf. Monbadon.

Capbreton.

On retrouve sous ce nom la plupart des cépages du vignoble des Sables landais dont certains sont classiques et d'autres originaux.

Capbreton blanc, cf. Chenin blanc.

Capbreton gris, cf. Béquignol.

Capbreton rouge,
1, cf. Cabernet.
2, cf. Grapput.
3, cf. Malvoisie noire.

Carbouet.

Ce nom à peu près tombé en désuétude, paraît avoir désigné la plupart des membres du groupes des *Cabernet* et peut-être plus particulièrement la Carménère.

Cargue Saoume, en langue d'oc *Cargo saumo* (c.-à-d., charge ânesse).

Nom descriptif qui peut s'appliquer à différents plants à grosse grappe. Cf. Gros vert.

Carignan 1.

Ce plant méridional n'est pratiquement plus cultivable à l'ouest de Castelnaudary, on l'a cependant rencontré en divers points du Sud-Ouest et jusqu'en Bergeracois où il ne mûrit pratiquement jamais.

= *Tannat* 2, Dunes, L.-et-G.

= *Tannat du Portugal,* Ygos, Ldes.

= *Tannat bordelais,* en quelques points des Landes.

CARIGNAN 2.

On désigne à tort sous ce nom le *Carignan Bouschet* à Fronton, dans le Gers, le Lot-et-Garonne et le Tarn-et-Garonne. Ce cépage est remarquable par ses rameaux qui cassent comme du verre.

CARIGNAN D'ESPAGNE, cf. Bobal.

Carménère.

a) Type de *Cabernet* bien spécial (feuilles molles, découpées comme celle du Cabernet-Sauvignon et à dents aiguës ; grain ellipsoïde, craquant, bien pruiné, goût très fin et comme vanillé ; grappe claire à pédoncule teinté de rouge).

Ce cépage jadis répandu en Médoc et dans les Graves à cause de la finesse de ses produits avait une tendance à la coulure qui s'est exagérée à la suite de la Reconstitution (dégénérescence) au point que désormais sa culture soit sans intérêt.

La synonymie actuelle de ce cépage devenu sporadique est confuse et les anciennes dénominations, sauf celle de Carbouet dans les Graves semblent avoir disparu.

= *Bouton blanc* 2, localement en-Gironde : St-Loubès.

= *Carbouet,* anciennement et sporadiquement en Gironde.

b) Autre conséquence de la disparition de la Carménère, ce vocable peut servir à désigner des formes de Cabernet quelque peu aberrantes.

CARNUT, cf. Canaril.

CASPRE, cf. Mauzac.

Castets.

Cépage noir productif et commun de Gironde, localisé surtout sur la rive droite de la Garonne.

= *Engrunat,* Saint-Loubès, Gde.

= *Gros Verdau* 2 par erreur à Gaillan, Gde.

= *Machouquet* ou Matiouquet 1, St-Loubès, Gde.

CASTILLONNE, cf. 1 Monbadon, 2 Ugni blanc.

CAVAILLÉ ou CAVAILLÈS, cf. Len de l'Elh.

CAYLAR, cf. Abondance.

CENDRON, cf. Morrastel.

CERCEAU, cf. Saint-Pierre doré.

Chalosse.

La Chalosse qui est la partie du département des Landes située dans la boucle de l'Adour a possédé jadis un vignoble illustre. Pour cette raison, beaucoup de cépages noirs ou blancs du Sud-Ouest portent le nom de Chalosse.

1 cf. Béquignol.
2 cf. Canaril.
3 cf. Folle noire.
4 cf. Graisse.
5 cf. Meslier.
6 cf. Montils.

L'encépagement de la Chalosse a été si radicalement modifié au lendemain de l'invasion phylloxérique qu'il est impossible de savoir actuellement si les cépages nommés ci-dessus ont été directement empruntés à la Chalosse ou, ce qui paraît plus probable, si cette désignation ampélographique appartient à la catégorie des « noms-réclame » (cf. Bordelais, Bourgogne).

Signalons toutefois que c'est en essayant de débrouiller la synonymie des Chalosse que Louis RAVAZ dans « Le Pays du Cognac » fait allusion à la ressemblance que présentent entre eux les cépages d'une même région viticole, observation sur laquelle les auteurs du présent essai basent leurs travaux ampélographiques.

CHALOSSE NOIRE, cf. 1 Béquignol, 2 Canaril.

CHARBONNOT, cf. Corbeau.

Chardonnay.

Cépage blanc des grands crus de Bourgogne et de Champagne, parfois présent dans le Bassin de la Loire.

= *Auvernat blanc*, Loiret.
= *Moreau blanc*, Vienne.
= *Morillon blanc*, Vienne.

CHARGE FORT, cf. Folle noire.

Chasselas.

Cépage-population cultivé pour la table un peu partout dans l'Ouest et le Sud-Ouest et en particulier dans la vallée moyenne de la Garonne (Montauban, Moissac, Port-Sainte-Marie) mais sans synonymie importante, sinon des locutions complexes désignant le plus souvent des provenances supposées plutôt que des formes ou des clones homogènes.

A Pouilly-sur-Loire, le Chasselas, encore appelé *Muscadet* (1) est à la base d'un vin d'appellation contrôlée. Ce nom de *Muscadet* (1) est également utilisé dans le Cher. En Aveyron, Lozère et dans les Cévennes le Chasselas est parfois appelé *Gamet* (1).

CHASSELAS D'AMÉRIQUE, par euphémisme le *Noah* à Créon, Gde.

CHASSELAS NAPOLÉON, cf. Bicane.

CHATAR, cf. Ugni blanc.

CHAUSSÉ ou CHAUSSET, cf. Béquignol.

Chenin ou **Chenin blanc.**

Cépage-population largement cultivé dans la vallée de la Loire (Touraine, Anjou) mais présent plus ou moins sporadiquement dans tout l'ouest viticole français.

= *Abondance* 2, type de Chenin, blanc gros producteur, Savennières M.-et-L..
= *Blanc d'Anjou* 1, Reuilly, Indre.
= *Blanc d'Aunis*, Charente.
= *Blanc Emery* 1, Anjou *pro parte*.
= *Bon blanc* 1, île d'Oléron.
= *Capbreton blanc*, vignoble des Sables landais.
= *Cruchinet* 2, Messanges, Vieux-Boucau, Landes.
= *Franc blanc*, littoral vendéen.
= *Franche*, île de Ré.
= *Gamet blanc* 2, Entraygues, Aveyron.
= *Mançais blanc*, canton de Preuilly sur Claire, I.-et-L.
= *Péra*, sud de l'Indre et du Cher.
= *Pineau de la Loire*, val de Loire et nombreux autres lieux.
= *Pineau blanc*, Entraygues, Aveyron et sporadiquement en Gironde.
= *Pineau d'Anjou*, en quelques points de Gironde.
= *Pointu de Savennières*, Maine-et-Loire.
= *Rajoulin*, Corrèze.
= *Rougelin*, *Rouchelin* ou *Rousselin*, Quercy et Périgord.
= *Sable blanc* 2, voir ce nom.
= *Tite de crabe*, Capbreton, Messanges, Landes.
= *Verdurant*, Allier (Ad. Berget).

Chenin noir. Cépage de la vallée de la Loire.
= *Aunis*, Loir-et-Cher.
= *Cot à bourgeon blanc*, Anjou.
= *Cot à queue rouge*, Anjou.
= *Mançais noir*, voir ce nom.
= *Pineau d'Aunis* 2, Loir-et-Cher.

CIBADÉ, CIBADEY (adj. gascon-languedocien dérivé de *cibado*, avoine, allusion à la forme allongée des grains), cf. Clairette de Provence.

Cinsaut.

Cépage noir méridional rencontré parfois dans les vignobles du Sud-Ouest soit à l'état de souches isolées comme raisin de cuve, soit en parcelles homogènes comme vigne de table.

= *Calabre*, Layrac, L.-et-G. et à Gan, B.P.
= *Espagnol*, Jurançonnais.
= *Madiran du Portugal*, Vieillenave, Ldes.
= *Marroquin*, Béraut, Gers.
= *Milhau*, Languedoc toulousain.
= *Morterille*, Languedoc toulousain.
= *Œillade*, vignoble de table de la Moyenne Garonne.
= *Picardan*, Marmande.
= *Poupo de crabo*, Béraut, Gers.
= *Prunelard* 4, environs de Terrasson, Dordogne, St-Elix-le-Château, H. G.

A Lavilledieu, T.-et-G., le cépage nommé Cinsaut pourrait être le *Brun argenté*.

CLABERIA, CLABÉRIEN, CLABÉRIEU, cf. Claverie.

Clairette de Gascogne (localement *lou Clarét, la claréto*), cépage blanc du Gers et des Landes différent de la Clairette de Provence.

= *Blanquette* 2, *Blanquette grise*, Gers.
= *Blanc Dame* ou *Blanc Madame*, Jurançonnais.

Clairette de Provence.

Cépage blanc du Midi méditerranéen, présent sporadiquement dans tout le Sud-Ouest sous divers synonymes. On rencontre aussi la forme rose plus rare.

= *Blanquette* 3 un peu partout, notamment dans le Gers (Nogaro), les Basses-Pyrénées (Orthez), les Hautes-Pyrénées (Madiran), le Tarn-et-Garonne (Lavilledieu).
= *Blanquette grise* 2, Landes.
= *Blanquette de Limoux*, Lot-et-Garonne.
= *Blanquette du Midi*, Entre-deux-Mers.
= *Blanquette velue*, Lembeye, Htes-Pyr. *in* Coll. Grande-Ferrade.
= *Cibadé, Cibadey*, Marmande et Villeneuve-sur-Lot, L.-et-G.
= *Folle blanche* 2, Lavilledieu, T.-et-G.
= *Gaillard blanc*, Daubèze, Entre-deux-Mers (H. Bertrand).
= *Malvoisie* 1, Entre-deux-Mers, Bergeracois, Duras.
= *Poupe de Gate*, Béarn.

CLARÉT ou CLARÉTO, v. Clairette de Gascogne.

Claverie (c.-à-d., *enclos, barrière* en Béarnais).

Vieux cépage blanc du bassin de l'Adour en régression constante depuis la Reconstitution.

= *Bouguieu,* Tursan, Landes.
= *Claberia, Clabérien, Clabérieu,* variantes phonétiques béarnaises.
= *Galia zuria,* Pays basque.

COÉ DE BAQUE 1 (c.-à-d., *cuir de vache* et aussi *collier d'attache de la vache* en Béarnais et Bigourdan), Cépage blanc à grande grappe des Basses-Pyrénées.

= *Goubaou.*

COÉ DE BAQUE 2, cf. Guillemot.

COLLE, cf. Gouais blanc.

Colombard 1.

Cépage blanc de l'Ouest que l'on retrouve aussi en Bordelais et en Gascogne.

= *Blanc Emery* 2, Anjou, *pro parte.*
= *Blanquette* 4, parfois en Tarn-et-Garonne.
= *Bon blanc* 2, Fontenay-le-Comte, Vendée.
= *Pied tendre,* Cubzadais, Blayais.
= *Queue tendre,* nord de la Gironde.

COLOMBARD.

2, cf. Merlot blanc.
3, cf. Ugni blanc.

Colombau (souvent écrit à tort colombaud), vieux cépage provençal blanc que l'on retrouve parfois dans certains vignobles de l'Ouest et du Sud-Ouest.

= *Blanquette* 5, sporadiquement en Tarn-et-Garonne.
= *Poupo Saumo,* sporadiquement en Haute-Garonne.
= *Saint-Pierre,* Charente (L. Ravaz).

Colon.

Nous proposons ce terme pour désigner un cépage rouge du Bordelais connu sous divers noms rappelant des variétés très différentes.

= *Gros Verdau* 3, Blayais *in* Coll. Grande-Ferrade.
= *Mancin colon,* palus d'Entre-deux-Mers.
= *Pruéra,* Saint-Pierre d'Aurillac, Gde.
= *Verdau colon,* Cubzadais *in* Coll. Grande-Ferrade.

Corbeau.

Ce cépage savoyard noir se rencontre tantôt sous son vrai nom, tantôt sous le couvert de l'anonymat ou d'une synonymie confuse dans le Cher, l'Indre, la Vienne, la Gironde, le Lot-et-Garonne et les Hautes-Pyrénées.

= *Cot rouge mérillé,* nord du Lot-et-Garonne, Castillonès.
= *Charbonnot,* Quinsac, Baurech, Caudrot, Gde.
= *Douce noir* 1, Charentes.
= *Gamay* 5, par erreur à Marmande, L.-et-G.
= *Montélimar,* Buzet-sur-Baïse, L.-et-G.
= *Montmélian,* Vienne.
= *Petite Syrah* 2, par erreur à Montastruc, B. P.

CORBEAU 2, cf. Folle noire.

Cot ou **Malbec.**

Le Cot ou Malbec qui fait un excellent vin mais auquel on reproche une tendance manifeste à la coulure est un des plus anciens cépages du Sud-Ouest où son nom indigène est *Costo roujo.* Il a reçu le nom de Cot dans le bassin de la Loire viticole. Signalons à ce sujet que le mot Cot représente, comme une série de documents d'archives permet de l'établir, le résultat de la transformation progressive du nom de la ville de Cahors, c'est donc de là que le cépage a dû émigrer vers le nord. On connaît de nombreux clones de Cot mais il n'est pas sûr que les divers types distingués par les viticulteurs soient une réalité.

= *Auxerrois* ou *Ausserrés,* Quercy et Lavilledieu, T.-et-G.
= *Balouzat* 2 sporadiquement en Entre-deux-Mers.
= *Besparo,* Gers.
= *Bouchalès* 2, Hte-Gne.
= *Cahors* 1.
= *Cot de Bordeaux* ou *Cot de Pays* (sélections propres à la Touraine).
= *Côte rouge* ou *Costo roujo,* nombreux lieux en Lot-et-Garonne, Tarn-et-Garonne, Landes.
= *Douce noire* 2, sporadiquement en Charentes et Dordogne.
= *Gourdoux,* Blayais, Cubzadais.
= *Grelot de Tour,* Caudecoste, L.-et-G.
= *Grifforin,* île de Ré.
= *Jacobin* ou *Jacobain,* Vienne.
= *Luckens,* très localement en Gironde.
= *Malbec* ou *Malbeck* 1 (d'après le nom d'un de ses propagateurs, d'abord en Médoc et dans les Graves puis, en raison de la renommée de ces vignobles un peu partout de nos jours. C'est sans doute le nom le plus employé.

= *Mouzat* ou *Mauzac,* Graves, Bazadais.
= *Noir doux,* Charente-Maritime *in* Coll. Grande-Ferrade.
= *Œil de perdrix,* Lot-et-Garonne.
= *Parde* 1, Entre-deux-Mers.
= *Pied de perdrix* 1, Lot-et-Garonne.
= *Pied rouge, Pied rouget, Pied noir,* sud du Lot-et-Garonne.
= *Plant du Lot,* Lot-et-Garonne et Dordogne.
= *Pressac,* Libournais.
= *Quercy,* Charentes.
= *Queue rouge,* Lot-et-Garonne, Dordogne.
= *lou Salbaire,* Gers.
= *Terranis,* St-Pierre d'Aurillac, Gde.
= *Tinturin* ou *Tinturin de la Libarde,* sélection du Bourgeais.
= *Vesparol,* Gers.

Cot de Bordeaux, variété tourangelle de Cot à grosses grappes ailées et très lâches.

Cot a bourgeon blanc, cf. Chenin noir.

Cot de Pays, variété tourangelle de Cot à petites grappes.

Cot a queue rouge, cf. Chenin noir.

Cot a queue verte, Cot vert 1, Cote verte 1, Cot vert du Saumurois, cf. Canaril.

Cot rouge mérillé, cf. Corbeau.

Cot vert.
2, forme ou prétendue forme de Cot.
3, cf. Grolleau.

Cote rouge ou *Costo roujo.*

C'est le plus ancien nom du Cot dans le Sud-Ouest. Lorsque la *Côte rouge* croît dans des terrains fertiles, elle cesse d'être rouge et porte de ce fait le nom de *Côte verte* (2).

Cote verte 3, cf. Valdiguié.

Cotiblanc, cf. Graisse.

Couahort (c.-à-.d, *queue forte* en gascon).

Peut désigner indifféremment en Madiranais, (1) le Cabernet-franc, (2) le Pinenc ou Fer Servadou.

Cougnet (c.-à-d., *tronconique,* en gascon).
1, cf. Courbu.
2 cf. Crouchen.

Courbu ou **Courbu blanc** (encore appelé Courbis, Courbiès, selon les localités).

Cépage-population de qualité qui contribue notamment à l'élaboration des vins blancs de Jurançon. En dehors du type normal, on a pu observer et isoler :

1º un Courbu blanc mâle, découpé et coulard.

2º un Courbu à petites grappes, fin et peu productif, que l'on rencontre à Gan et Lasseube ;

3º un Courbu à gros grain, productif, à vin de plus faible degré ;

4º un Courbu à grappes moyennes, compactes, dénommé parfois Ruffiac (2) à Jurançon.

= *Bordeleza zuria* (2) (en Pays Basque).

= *Cougnet* (1) (Vic Bilh).

= *Courtoisie* (1) à Portet, B. P.

= *Crouchen ou Cruchen* (2) B.P., d'après J. Doléris.

= *Vieux pacherenc* (Lembeye, B.P.).

Courbu ou **Courbu rouge.**

Cépage-population des Basses-Pyrénées et proche de la population blanche. Il existe également un petit Courbu rouge.

COURTOISIE.

1, cf. Courbu blanc.

2, cf. Roussanne.

COUTHURIER, cf. Morrastel.

LA CROQUE, cf. Œillade 2.

Crouchen ou **Cruchen** (c.-à-d., *qui croque sous la dent,* en gascon) 1.

Cépage de cuve blanc qui, sous des noms divers, se rencontre dans tout le Sud-Ouest.

= *Cougnet* 2, Portet, B.P.

= *Grand Blanc* 1, parfois dans les Landes et les Basses-Pyrénées.

= *Messanges blanc,* Capbreton, Ldes, *in* Coll. Grande-Ferrade.

= *Navarre blanc,* Landes.

= *Sable blanc* 3, Léon, Messanges, Ldes.

= *Trouchet blanc,* région de Monein, B.P.

CROUCHEN ou CRUCHEN 2, a pu désigner ou désigne encore également le Courbu blanc dans les Basses-Pyrénées (selon Doléris).

CROUCHEN ou CRUCHEN NÉGRÉ, rare en Jurançonnais, c'est le Morenoa du Pays basque. Cf. aussi Cabernet 1.

CRUCHINET, cf. Chenin blanc.

CU DE BRÉCHÉROU (c.-à-d., *cul de guêpe,* en Béarnais), cf. Ondenc.

Dabouki (ou mieux Dabuqi).

Cépage de table originaire de Palestine, généralement cultivé dans le Gers sous le nom de Malaga 1.

DAME BLANC ou DAME BLANCHE.
1, cf. Folle blanche.
2, Jurançon blanc.

DAME NOIR ou DAME NOIRE, cf. Folle noire.

DANNERY, cf. Romorantin.

DÉGOÛTANT, cf. Négrette.

DODRELABI, cf. Gros Colman.

DOLCETTO, cf. Folle blanche.

DOUCE NOIRE.
1, cf. Corbeau.
2, cf. Ondenc.

Duras.

Cépage noir très individualisé des vignobles de Gaillac mais en voie de disparition à cause d'un mauvais état sanitaire général. Le Durazé de l'Ariège ressemble beaucoup au Duras du Tarn. P. Truel considère les deux dénominations comme synonymes.

Durif.

Cépage rhodanien noir que l'on peut rencontrer aussi dans la vallée de la Loire (Maine-et-Loire) et dans tout le Sud-Ouest. Les plantations paraissent, en général, hétérogènes et c'est plutôt un cépage-population. Sa synonymie est également abondante. Deux cépages voisins mais distincts sont certainement confondus :

a) Le *Durif vrai* à bourgeonnement duveteux, feuilles vert franc et légèrement révolutée, se caractérise en outre par sa sensibilité à l'esca qui le fait repartir sur des rejets et par la fasciation constante de ses rameaux ;

b) Le *Peloursin,* à bourgeonnement aranéeux carminé, vrilles fortes et nombreuses ; feuille vert bleuté.

Durif + Péloursin = Petite Syrah 3 à Miramont, Lot-et-Gne.
= Pinot noir 2 en Aveyron.

DURIF 2.

On rencontre sous ce nom à Miramont, L.-et-G., un cépage très voisin sinon identique au Béquignol.

EGRENANT, cf. Béquignol.

EMBALOUZAT, cf. Balouzat.

ENFARINÉ, cf. Morrastel.

Engrunat (c.-à-d., *riche en grains*, en gascon), cf. Castets.

Enrageat ou Enrageat blanc, cf. Folle blanche.

Enrageat noir, cf. Folle noire.

Enrageat rouge, cf. Béquignol.

Eremachoua, forme voisine du Dourec noir (Pays Basque).

Escripet, cf. Baroque.

Espagnol. Dans le Jurançonnais désigne un type de Cinsaut (Coll. Grande-Ferrade).

Esparbasque, cf. Grapput.

Esquisse braguette, cf. Canaril.

Estronc, cf. Fer Servadou.

Étranger ou Estrangey, cf. Cot.

Faranah (dans les régions non viticoles d'Algérie ce mot est employé par les indigènes pour désigner la vigne), cf. Listan.

Fer ou La Fère.
1, cf. Béquignol.
2, cf. Fer Servadou.

Fer Servadou ou **Hère.** (Servadou signifie qui se conserve ; les raisins de ce plant étaient jadis conservés pendant une partie de l'hiver.)

Cépage de cuve du Sud-Ouest, noir, de deuxième époque, à bois durs et à râfle solide. Il se rattache au Cabernet et au Verdau. Ses raisins présentent également une saveur particulière qui rappelle celle de ces cépages, aussi est-il parfois confondu à tort avec l'un ou l'autre. Le Fer Servadou est totalement différent du Fer ou Béquignol auquel s'applique une partie de son abondante synonymie. Ce cépage était beaucoup plus cultivé il y a un ou deux siècles. Les auteurs en distinguaient plusieurs types. Encore de nos jours, dans la région de Marcillac, P. Lavignac a rencontré un Mansois rouge très peu productif à côté d'un Mansois gris qui est la forme la plus répandue. Dans le vignoble de Terrasson les viticulteurs confondent le Fer (petit Bordelais) avec la Mérille (gros Bordelais).

= *Arrouya*, *pro parte* à la périphérie du Jurançonnais.

= *Bois droit*, Daubèze, Entre-deux-Mers.

= *Bordelais* 3, (*Bordeleza* ou *Bourdalés*), Basses-Pyrénées et Terrasson.

= *Braucol*, Tarn et Villaudric, Hte-Gne.

= *Caillaba* 2, Jurançonnais.

= *Camirouch*, Ardèche.

= *Couahort* 2 *pro parte* en Madiranais.
= *Ere,* Entre-deux-Mers.
= *Estronc,* Bretenoux, Lot.
= *Fer,* Lavilledieu, T.-et-G. et rive droite de la Garonne.
= *Hère* ou *Herre,* rive gauche de la Garonne.
= *Mances* ou *Mansin,* Entraygues, Marcillac, Aveyron.
= *Mouraa* ou *Mourach,* sporadiquement dans les Basses-Pyrénées.
= *Panereuil,* Gabarnac, Caudrot, Gde.
= *Petit Bordelais,* vignoble de Terrasson, Dgne.
= *Petite Here,* Marmandais, L.-et-G.
= *Pinenc,* Madiranais.
= *Salebourg,* Landes.
= *Saumancès* ou *Saumansois,* Entraygues, Marcillac, Aveyron.
= *Véron,* nord du département des Deux-Sèvres.

FIÉ, cf. Sauvignon.

FIGUIER, cf. Gouais blanc.

Flame Tokay.

Se rencontre parfois, mais assez rarement à l'état de treilles dans le Sud-Ouest. Rappelons que c'est le cépage cultivé et commercialisé en Algérie sous le nom d'Ahmer bou Ahmer.

FOLA BELCHA, cf. Folle noire.

FOLLE, cf. Baroque.

Folle blanche 1 (nom que donnaient à ce cépage les vignerons des Charentes et sous lequel il est universellement connu).

La Folle Blanche a été pendant longtemps le cépage dominant de l'Entre-deux-Mers, des Charentes et de l'Armagnac. Cultivée greffée, elle voit sa tendance à la pourriture dangereusement exagérée, ce qui explique qu'elle ait considérablement régressé dans la première moitié du XX^{e} siècle. Il en existe encore cependant d'importantes plantations.

= *Amounédat,* région d'Oloron, B.P.
= *Camobraque,* région d'Oloron, B.P.
= *Dame blanc* ou *Dame blanche* 1, Agenais.
= *Dolcetto,* Fronton, Hte-Gne.
= *Enrageat* ou *Enrageat blanc,* Bordelais.
= *Folle de Bordeaux,* Charentes.
= *Folle girondine,* Dgne.
= *Gros plant,* Loire-Atlantique.
= *Piquepout,* Armagnac.
= *Plant de dame,* Montastruc, Htes-Pyr.
= *Ugne blanche,* Ariège.

FOLLE BLANCHE 2, cf. Clairette de Provence.

FOLLE BLANCHE 3, en Loire-Atlantique, il existe un cépage qui reçoit ce nom et qui différant du Gros Plant ou Folle blanche 1, s'en éloigne sensiblement pour se rapprocher du Jurançon vrai.

FOLLE DE BORDEAUX, FOLLE GIRONDINE, cf. Folle blanche.



FIG. 1. — La Folle blanche ou Piquepout du Gers. Cépage type d'un groupe largement répandu dans tout l'Ouest viticole de la France. (Cliché P. Legrux).

Folle noire.

Cépage de cuve productif du Bassin de la Garonne. Il renferme de nombreux types dont la séparation s'imposera un jour.

= *Chalosse* 3, Montalbanais.

= *Charge fort*, Bas-Médoc.

= *Corbeau* 2, à tort en Ariège.
= *Dame noir* ou *Dame noire,* Lot, partie du Lot-et-Garonne.
= *Enrageat noir,* Bordelais.
= *Fola belcha,* Pays Basque.
= *Folle rouge,* Saumont, L.-et-G.
= *Gamay* 6, Cahorsin, Monflanquin, L.-et-G.
= *Grand noir,* Bordelais.
= *Jurançon rouge,* Gers T.-et-G.
= *Piquepout rouge,* sud du L.-et-G.
= *Plant Quillat* 2, Lot.
= *Quillard rouge,* Port-Ste-Marie, L.-et-G.
= *Sans pareil précoce,* Saumont, L.-et-G.

FOLLE NOIRE 2, dans les îles de Ré et d'Oléron peut désigner la Négrette.

FOLLE NOIRE 3, cf. Valdiguié.

FOLLE ROUGE ou SANS PAREIL PRÉCOCE, cf. Folle noire.
(Ce type rencontré en Lot-et-Garonne serait une sélection effectuée dans la population au sein de laquelle il paraît en effet s'individualiser).

FOUINE, cf. Bouiller.

FRAMBOISE, cf. Romorantin.

FRANC BLANC, cf. Chenin.

Franc noir de l'Yonne.

Cépage de cuve qui a été largement cultivé en Basse-Bourgogne et en Orléanais sous divers synonymes. G. COUDERC, lors du Congrès viticole de Lyon en 1894 lui imposa le nom de Franc noir de l'Yonne sous lequel il a été décrit par J. GUICHERD dans l'Ampélographie de P. VIALA et V. VERMOREL, tome V : 114.
= *Arribet* ou *Arrivet* (Premières Côtes de Bordeaux, Marmandais).
= *Gascon* (Loiret, Loir-et-Cher) J. GUICHARD.
= *Larrivet, Rivet* (variantes graphiques ou verbales bordelaises).

Ce cépage a été confondu par J. DAUREL avec la Négrette mais malgré quelques caractères morphologiques communs ces deux variétés sont bien distinctes.

FRANCHE, cf. Chenin.

FRONTIGNAN.
1, cf. Ugni blanc.
2, cf. Muscat blanc à petits grains.

FRONTIGNAN DES CHARENTES, cf. Monbadon.

FUMÉ ou BLANC FUMÉ, cf. Sauvignon.

FURMINT, cf. Pinot gris.

GAILLAC.
1, cf. Mauzac.
2, cf. Ondenc.

GAILLARD BLANC, cf. Clairette.

GALIA ZURIA, cf. Claverie.

Gamay 1.

Cépage-population noir de l'Est et du Centre que l'on retrouve parfois dans l'Ouest et le Sud-Ouest.

Il existe :

a) des Gamays noirs à jus blanc,

b) des Gamays teinturiers.

a) Les Gamays noirs à jus blanc sont commercialisés ou désignés par les vignerons sous des noms qui indiquent le plus souvent une provenance réelle ou supposée. On peut, sans grand dommage, faire « table rase » de la plupart de ces dénominations qui ne désignent pas des populations homogènes et caractéristiques. Il est possible que ce soit là les vestiges de sélections anciennes. Cependant le Gamay d'Auvergne semble bien particulier, surtout par l'aspect de ses grappes qui sont volumineuses.

= *Ragoutant* 1, par erreur dans le Pays de Brem, Vendée.

b) Les Gamays teinturiers sont nombreux et la distinction est souvent délicate. Les plus courants sont, en les citant du plus coloré au moins coloré :

Le Gamay Fréau.

Le Gamay de Bouze de Touraine qui est le Gamay Chaudenay de Bourgogne.

Le Gamay Chaudenay de Touraine qui est le Gamay de Bouze de Bourgogne.

Ces deux derniers sont souvent confondus. On rencontre également le Gamay de Bouze (de Bourgogne) sous les dénominations de :

= *Gamay Mourot*, Cher.

= *Mondeuse* 3, en patois *Mounduso*, L.-et-G.

= *Le Teinturier* en Loir-et-Cher.

GAMAY (noms erronés).
2, cf. Abondance.
3, cf. Bouiller.
4, cf. Chenin.
5, cf. Corbeau.
6, cf. Folle noire.
7, cf. Grolleau.
8, cf. Chasselas.

GAMAY D'ABONDANCE, cf. Abondance.

GAMAY ou GAMAY BEAUJOLAIS, cf. Abouriou 1.

GAMAY BLANC ou GAMET BLANC.
1, cf. Chasselas.
2, cf. Chenin.
3, cf. Mauzac.
4, cf. Melon.

GAMAY CHATILLON ou GAMAY DE CHATILLON, cf. Grolleau.

GAMAY DE JUILLET. Dans le Centre et la vallée de la Loire c'est le *Gamay hâtif des Vosges*.

GAMAY LYONNAIS, cf. Lyonnais.

GAMAY MOUROT, cf. Gamay (Gamay teinturier de Bouze).

GAMAY D'ORLÉANS, cf. Abondance 1.

GAMAY DU RHONE, cf. Abouriou 1.

GAMAY DE RICENEY, cf. Cabernet franc.

GAMAY DE SAINT-LAURENT.
Cépage noir ayant un feuillage de teinturier, rencontré à Estaing, Aveyron.
= *Plant de Saint-Geniez.*

GAMET BLANC, cf. Gamay blanc.

GARGANTE, cf. Ugni blanc.

GASCON, cf. Franc noir de l'Yonne.

GAUGET, cf. Gouget.

Genouillet (encore appelé Genoillet, Genoilleret).
Cépage noir des anciens vignobles du Centre (Issoudun).

Gibert ou **Moutet** 1, vieux cépage du Quercy.

GLOIRE DE TOURS, cf. Grolleau.

Gouais blanc.
Cépage d'abondance mais non de qualité, autrefois très répandu dans le Nord-Est et le Centre où les producteurs-directs l'ont remplacé. Il s'est également introduit à une date très ancienne dans l'Ouest et le Sud-Ouest où on le rencontre à peu près partout sans qu'il ne se soit nulle part imposé.
= *Bouillan,* Glanes et Cornac, Lot.
= *Bouilleaud,* Charentes, Blayais.
= *Bouillenc,* Guyenne.

= *Colle,* Entre-deux-Mers.
= *Figuier,* Entre-deux-Mers.
= *Gouche* ou *Gouge,* Cher et Indre.
= *Guinlan,* Landes et Gers.
= *Issol,* Marcillac, Aveyron (P. Lavignac).
= *Mendic,* Marcillac et Entraygues, Aveyron (P. Lavignac).
= *Ondenc* 2, par erreur à Canals, T.-et-G.
= *Président* 1, *pro parte* en Jurançonnais.
= *Sadoule boéy,* Landes.
= *Trompe bouvier,* Landes.

Goubau, cf. Coé de baque.

Gouboil, cf. Guillemot.

Gouche ou Gouge, cf. Gouais blanc.

Gouge 2, cf. Gouget.

Gouget.

Cépage noir cultivé à Domérat et Huriel, Allier, et quelque peu à Châteaumeillant, Cher.
= *Gouge,* Châteaumeillant, Cher.
= *Lyonnais,* Cher, Indre (P. Truel).

Gourdoux, cf. Cot.

Graisse 1 ou **Plant de Graisse** (Grèce, plant de Grèce par erreur).

Cépage blanc gros producteur qui jouait en Gascogne un rôle semblable à celui de la Folle blanche.
= *Blanquette* 6, Condomois et Montalbanais.
= *Blanquette grise,* Condomois.
= *Cargo Saumo,* Salvagnac, Tarn.
= *Chalosse* 4 ou *Jalosse,* Montalbanais, Villaudric, Hte-Gne.
= *Cotiblanc,* Lavilledieu, T.-et-G.
= *Gras,* Jurançonnais.
= *Gros blanc,* Touraine et Blésois.
= *Gros blanc de Cahors,* Le Grand Pressigny, I-et-L.
= *Président* 2, *pro parte* en Béarn.
= *Taloche,* Gaillacois.

Graisse 2 ou Graisse blanc, en Montalbanais, c'est l'Ugni blanc.

Grand blanc 1, cf. Crouchen, 2, cf. Monbadon, 3 cf. Ugni blanc.

Grand Cadet, cf. Ugni blanc.

Grand colon, cf. Ugni blanc.

Grand noir, cf. Folle noire.

Grand noir ou **Grand noir de la Calmette.**

Cépage teinturier créé par H. Bouschet, on le rencontre fréquemment dans le Sud-Ouest.

= *Gros noir* 1, un peu partout.

= *Gros producteur,* Basses-Pyrénées.

Grand noir de Laques, cf. Aspiran Bouschet.

Grappu ou **Grapput.**

Cépage noir d'abondance cultivé surtout dans la vallée de la Garonne. C'est une population susceptible d'être formée de plusieurs types distincts. Le nom de Grappu s'emploie surtout sur la rive droite de la Garonne, Marmande, La Réole, Cadillac.

= *Bouchalès* 2, *Bouchedey, Boucherès,* surtout sur la rive gauche : Agen, Nérac, Bazas.

= *Capbreton rouge* 2, type peut-être moins grossier des sables landais.

= *Esparbasque,* type vigoureux et productif, Orthez, Salies de Béarn, B. P.

= *Gros Mol* ou *Gros Maure,* Villeneuve-sur-Lot, L.-et-G.

= *Jeanjean,* Saint-Loubès et palus, Gde.

= *Négrasse,* Biasse et Sainte-Maure, L.-et-G.

= *Péjac* (type spécial, voir ce nom).

= *Prolongeau* 1, Médoc, Entre-deux-Mers, Cubzadais, Blayais, Bourgeais.

= *Touzan,* Agenais.

Gras, cf. Graisse.

Grec rouge.

Cépage méridional rencontré à l'état de souches dans tout le Sud-Ouest. Ses grandes grappes à gros grains roses le font remarquer par le vigneron.

= *Malaga rose,* Haute-Garonne, Tarn-et-Garonne.

Grenache.

Cépage méridional dont on retrouve des souches isolées et même des plantations en plein en Haute-Garonne, Tarn et Gironde.

Grolleau, encore appelé *Grolleau de Touraine, Grolleau de Tours* et *Grolleau de Cinq-Mars* (l'orthographe Gros Lot est fantaisiste).

Cépage noir gros producteur de la vallée de la Loire (Touraine, Anjou, Loire-Atlantique, Vendée) et qui se retrouve sporadiquement dans le Sud-Ouest. Il existe aussi une variation à raisins roses connue sous le nom de *Grolleau gris.*

= *Abondance* 3 ou *Rouge d'Abondance,* Lot-et-Garonne.
= *Bourdalès* 4, Madiranais.
= *Cabernet* 5, Astaffort, Lot-et-Gne.
= *Cot vert* 3, Quercy tarn-et-garonnais.
= *Franc noir,* Lectoure, Gers.
= *Gamay* 7, par erreur à Savennières et Vauchrétien, M-et-L.
= *Gamay Châtillon* ou *Gamay de Châtillon,* par erreur à Savennières et Vauchrétien, M.-et-L.
= *Gloire de Tours,* sporadiquement en Gironde, Lot-et-Garonne et Dordogne.
= *Malbec* 2, par erreur dans le sud du Lot-et-Garonne et le nord du Gers.
= *Merlot* 2, par erreur dans le sud du Lot-et-Garonne et le nord de l'Aveyron.
= *Moinard,* du nom de l'introducteur dans l'île d'Oléron.
= *Noir de Saumur.*
= *Pineau de Saumur,* sporadiquement en Gironde, Lot-et-Garonne, Dordogne.
= *Rosé d'Anjou.*

GROS AUXERROIS, cf. Valdiguié.

GROS BLANC, GROS BLANC DE CAHORS, cf. Graisse.

GROS BOUCHY. Cabernet-franc à grosse grappe des Basses-Pyrénées.

GROS CABERNET. On cultive sous ce nom, à la limite du Lot-et-Garonne, de la Dordogne et de la Gironde, un cépage à rapprocher de l'Ardounet. Multiplié par quelques pépiniéristes de la région de Castillon, il semble que ce soit surtout grâce à son nom que ce cépage est maintenu en culture.

Gros Colman ou **Dodrelabi**, raisin de table qui se rencontre en Haute-Garonne, et Tarn-et-Garonne.

GROS DURIF, cf. Peloursin.

GROS GUILLAUME, cf. Gros vert.

GROS MACHOUQUET ou GROS MATIOUQUET, cf. Castets.

Gros Mansenc ou **Gros Mansenc blanc.**

Cépage blanc plus productif mais moins fin que le petit Mansenc, avec lequel il concourt à la production des vins de Jurançon. A côté du type, trois formes ont pu être isolées : le *Mansenc meunier* (v. ce mot), le *Mansenc supérieur* (v. ce mot) et le gros Mansenc à feuilles brillantes.
= *Ichiriota zuria handia,* Pays basque.

GROS NOIR.

1, cf. Grand noir de la Calmette.

2, cf. Teinturier du Cher.

GROS NOIR ou GROS NOIR DU VERDON, cf. Folle blanche.

GROS NOIR DE VILLEBAROU, cf. Teinturier du Cher.

GROS PINEAU, cf. Chenin.

GROS PLANT, cf. Folle blanche.

GROS PRODUCTEUR, cf. Grand noir de la Calmette.

GROS VERDAU.

1, cf. Ardounet.

2, cf. Castets.

3, cf. Colon (Mancin Colon ou Verdau Colon). D'autres formes sont possibles, cf. Verdau.

Gros Vert.

Cépage méridional blanc tardif à gros grains, généralement utilisé pour la table.

= *Augevin* 1, *Autsébi*, *Autsibi*, Gaillacois.
= *Cargue Saoume*, Lavilledieu, T.-et-G.
= *Gros Guillaume*, Canals, T.-et-G.

GROSLOT ou GROS LOT, cf. Grolleau.

GROSSE HÈRE, cf. Béquignol.

GROSSE MÉRILLE, cf. Mérille.

GROSSE NÉGRETTE, cf. Morrastel.

Guillemot.

Cépage blanc des Landes actuellement assez rare.

= *Mouréjalès*, Condom, Gers.
= *Coé de baque* 2, Ygos, Landes.
= *Gouboil*, Landes.

GUINLAN, cf. Gouais blanc.

HÉRAN, cf. petit Verdau.

HÈRE ou HERRE, cf. Fer Servadou.

ICHIRIOTA ZURIA TIPIA, cf. Petit Mansenc.

ICHIRIOTA ZURIA HANDIA, cf. Gros Mansenc blanc.

Idéal, cf. Italia.

Isabelle, cf. Valdiguié.

Issol, cf. Gouais blanc.

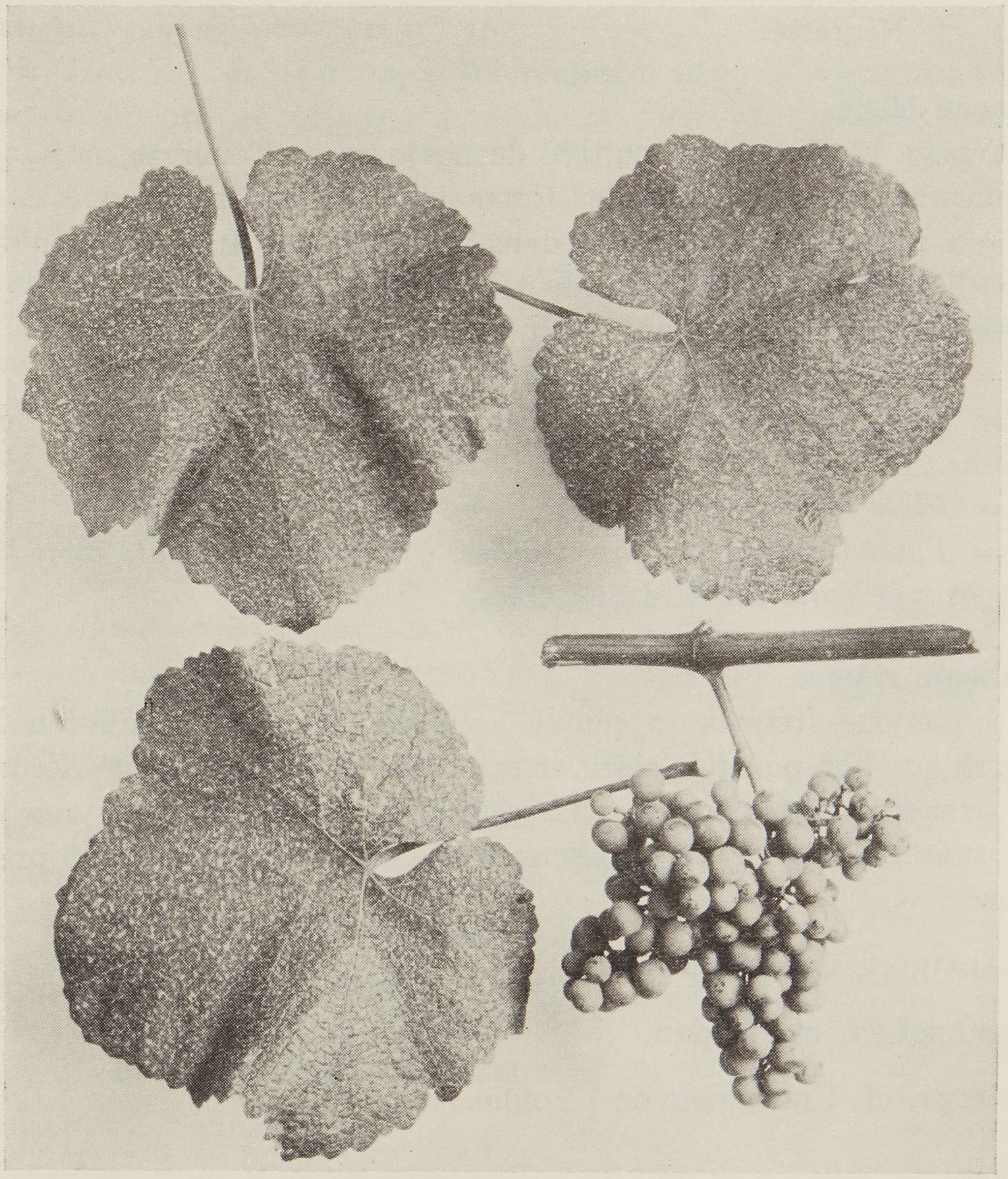


Fig. 2. — Le Petit Mansenc. ou Ichiriota tipia Cépage caractéristique des populations archaïques des Pyrénées occidentales. Beaucoup de plants ibériques lui sont apparentés. (Cliché P. Legrux).

Italia.

Raisin de table blanc. Métis nº 65 de l'hybrideur italien A. Pirovano (Bicane-Muscat de Hambourg). En France, il est depuis peu dénommé officiellement Idéal. Il en existe quelques plantations dans le Sud-Ouest.

Jacobin ou Jacobain, cf. Cot.

Jalosse, cf. Chalosse.

Jan Pierrou, cf. Valdiguié.

JEANJEAN, cf. Grappu.

JOHANNISBERG, cf. Marsanne.

JURANÇON.
1, cf. Béquignol.
2, cf. Négrette.

Jurançon blanc.

Cépage blanc surtout cultivé de nosjours en Ténarèze mais qu'on rencontrait jadis dans le sud de l'Entre-deux-Mers et en Bazadais. Malgré son nom, il paraît ne pas exister dans le vignoble de Jurançon. En raison de son port érigé qui rend son identification facile, il est souvent désigné par des synonymes qui rappellent ce caractère.

= *Braquet blanc,* Landes *in* Coll. Grande-Ferrade.

= *Dame blanc* 2, localement et parmi d'autres cépages en Lot-et-Garonne.

= *Plant debout,* Pays de Brem, Vendée.

= *Plant Quillard* 3, *Plant Quillat, Quillard* ou *Quillat,* sporadiquement et *pro parte* dans le Sud-Ouest.

Jurançon rouge.

Synonyme fréquent appliqué aux eépages de la poulation Folle noire et que l'on pourrait réserver aux clones à feuilles les plus découpées qui paraissent nettement caractérisées. Pour partie, la synonymie de la Folle noire s'applique au Jurançon rouge et nous renvoyons au premier nommé.

KAMALAU, cf. Camaraou noir.

LAMBRUSQUET, cf. Verdau.

LARRIVET, cf. Franc noir de l'Yonne.

Lauzet.

Cépage blanc du Jurançonnais qui présente une parenté évidente avec le Tannat dont il est peut-être issu. On en distingue trois formes :

a) Lauzet normal.

b) Lauzet à gros grains.

c) Lauzet saoubetou.

Len de l'Elh (c.-à-d., loin de l'œil, en languedocien).

L'un des trois cépages blancs traditionnels du Gaillacois où il n'occupe d'ailleurs qu'une place limitée à côté du Mauzac mais toutefois plus importante que celle concédée à l'Ondenc.

= *Cavaillé* ou *Cavaillès in* Coll. Grande-Ferrade.

Lercat.

Cépage productif blanc du Jurançonnais qui forme quelques îlots dans le vignoble. Sa forme coularde est dénommée *Cagaraous.*

Lignage.

Cépage noir de Touraine en voie de disparition, décrit par J. GUICHERD *in* Viala et Vermorel 6 : 153.

= *Macé* ou *Massé* doux, indifféremment dans les vignobles où l'on rencontre encore ce cépage, notamment dans la région d'Amboise, Indre-et-Loire.

Listan.

Cultivé sous ce nom dans le centre de l'Espagne comme vigne de table, ce cépage concourt également sous le nom de *Palomino* à l'élaboration des grands vins de Jerez. C'est aussi le *Merseguera* d'Algérie. Blanc, productif, tardif, le Listan possède des grappes très développées aux grains discoïdes et marqués d'un point noir très visible à l'emplacement de l'ombilic.

= *Blanc d'Algérie,* Cubzadais.
= *Blanc d'Anjou* 2, Villefranche de Longchapt, Dgne.
= *Blanc de Bordeaux,* ouest de la Gironde.
= *Blanc Leroy,* Entre-deux-Mers, Réolais (H. BERTRAND).
= *Faranah,* Gers et Landes.
= *Meslier* 2, par erreur à Haux, Gde.

LUCKENS, LUKENS ou LUTKENS, cf. Cot.

LYONNAIS ou GAMAY LYONNAIS, cf. Gouget.

MACÉ ou MASSÉ DOUX, cf. Lignage.

MACHOUQUET ou MATIOUQUET.
1, cf. Castets (Gros Machouquet).
2, cf. Pardotte (Petit Machouquet).

MADIRAN, cf. Tannat.

MADIRAN DU PORTUGAL, cf. Cinsaut.

MALAGA.
1, cf. Dabouki.
2, cf. Muscat d'Alexandrie.

MALAGA ROSE, cf. Grec rose.

MALAGA ROUGE, cf. Muscat de Hambourg.

Malbec ou **Malbeck.**
1, cf. Cot.
2, cf. Grolleau.
3, cf. Mérille.

MALBEC ARGENTÉ, cf. Abouriou 1.

Malpé.

Cépage noir de la région de Bretenoux, Lot, et Beaulieu, Corrèze. = *Beaujolais* 2, par confusion à Astaffort, L.-et-G.

Malvoisie.

Ce terme désignait primitivement un type de vin provenant de Grèce et des îles grecques. Il n'a pas tardé à être appliqué à une quantité considérable de cépages. Voici la liste des Malvoisie de l'Ouest viticole français. Si certaines d'entre elles sont venues des régions méditerranéennes, aucune, bien entendu, ne saurait se prévaloir d'une origine grecque.

1 *Clairette de Provence,* en Entre-deux-Mers.

2 *Muscadelle,* dans le vignoble de Cahors.

3 *Pinot gris,* vallée de la Loire.

4 *Ugni blanc,* Marmandais, L-et-G.

5 Cépage blanc original, très disséminé et ainsi dénommé dans le Tarn-et-Garonne. On le retrouve dans les vignes des bords du Lot et dans tout le Haut-Quercy sous le nom d'*Ambroisie* mais paraît absent du Languedoc toulousain.

Malvoisie noire.

Cépage de cuve indéterminé rencontré à Vire, Lot, et retrouvé ailleurs sous les noms de :

Capbreton rouge 3, vignoble des Sables landais.

Sémillon rouge, Saint-Vincent de Pertignas, Gde.

Aucune de ces dénominations erronées ou prêtant à confusion ne peut être retenue comme nom principal du cépage.

MANÇAIS BLANC, cf. Chenin blanc.

MANÇAIS NOIR.

Dans le canton de Preuilly sur Claire (I.-et-L.) peut désigner indistinctement le *Béquignol* ou le *Pineau d'Aunis.* Il y a donc confusion, mais certains indices permettent de penser qu'il s'agissait primitivement du seul Béquignol. Rappelons à cette occasion que par ses caractères ampélographiques, le Béquignol se rapproche plus du *Chenin blanc* que ne le fait le *Chenin noir* ou *Pineau d'Aunis.*

MANCEP (orthographe fantaisiste utilisée à la limite de la Corrèze et du Lot, la prononciation exacte est *mansé* qui correspond vraisemblablement à la forme *mancés*)cf. Mansenc noir.

MANCÈS ou SAUMANCÈS, voir Mansois, Saumansois.

Mancin.

Orthographe adoptée pour désigner un cépage noir caractérisé des palus girondins et différent du Mansenc noir des Pyrénées occidentales.

= *Mourtau* (prononcé mourtaou), Caudrot, Gironde.
= *Pousse debout,* Cubzadais.

MANCIN COLON, cf. Colon.

Mansenc ou **Manseng noir.**

Cépage des Pyrénées occidentales voisin du Tannat et sans parenté directe avec le *Petit Mansenc blanc.*

= *Arrouya* 2, *pro parte* à la périphérie du Jurançonnais.
= *Mancep,* Bretenoux, Lot.

Mansenc Meunier, forme de gros Mansenc blanc à bourgeonnement très duveteux.

Mansenc supérieur, forme du Gros Mansenc blanc, assez éloignée du type et caractérisée par son bourgeonnement rouge et une plus forte production. On la rencontre fréquemment aux environs de Monein (B. P.).

Mansenc vert.

Cépage blanc caractérisé mais assez peu répandu des environs de Gan (B. P.).

MANSENGOU, cf. Petit Mansenc.

MANSOIS, cf. Fer Servadou.

MANSOIS ou SAUMANSOIS BLANC, cf. Sémillon.

MARCO FABO (c.-à-d., marque fève), cf. Colombau.

MARMÉSIE, cf. Muscadelle.

Marocain ou **Marroquin** 1.

Ce cépage noir des anciens vignobles de Lavilledieu ressemble au Cinsaut par ses fruits mais en diffère par la feuille. Il est aussi moins productif.

= *Prunelard,* Fronton, Hte-Gne.
= *Prunela,* Lavilledieu, T.-et-G.

MARROQUIN 2, cf. Cinsaut.

Marsanne.

Cépage blanc de qualité, cultivé surtout dans la vallée du Rhône, (Tain l'Ermitage, Saint-Peray) mais que l'on retrouve parfois en Gironde, notamment en Sauternais et Entre-deux-Mers sous des dénominations qui le présentent comme une introduction venue des vignobles rhénans.

= *Johannisberg*, sporadiquement en Gironde.
= *Metternich*, Sauternais, Entre-deux-Mers.
= *Rhin* ou *Sème dou Rhin*, sporadiquement en Gironde.
= *Riesling* 2, parfois en Sauternais.

MARSEILLAN NOIR, MARSEILLE NOIR, cf. Mortès.

MARSEILLAIS, cf. Muscadelle.

MATIOUQUET ou MACHOUQUET.
1, cf. Castets (Gros Machouquet).
2, cf. Pardotte (Petit Machouquet).

Mauzac.

Cépage blanc ou rose traditionnel des vignobles de Gaillac et de Limoux que l'on rencontre un peu partout dans le Sud-Ouest sous des noms qui rappellent souvent son origine.
= *Blanc Lafitte*, Entre-deux-Mers, Bergeracois.
= *Blanquette* 7, un peu partout.
= *Caspre*, Basses-Pyrénées.
= *Gaillac* 1 ou *Plant de Gaillac* 1, Rivière-Basse, Gers.
= *Gamet blanc* 3, Aveyron.
= *Primard* 1, localement dans le Sud-Ouest.

MAUZAC ou MOUZAT, cf. Cot.

MAUZAC NOIR 1, cépage de Castillonnès (L.-et-G.), voisin du Mauzac blanc, de l'Abouriou ou Beaujolais et du Fer Servadou.

MAUZAC NOIR 2 ou NÉGRET 4 CASTRAIS.
Cépage productif du T.-et-G. et de la Hte-Gne, voisin du Mauzac blanc.

Mauzac noir 3.

Cépage vu à Astaffort (L.-et-G.) sans parenté avec le Mauzac blanc et qui tiendrait plutôt du Valdiguié et du Baroque.

Melon.

Cépage blanc de Bourgogne qui a fait surtout une très brillante carrière dans le Nantais sous le nom de Muscadet.
= *Biaune* ou *Petit Biaune*, La Châtre, Indre.
= *Blanc de Nantes*, Gironde.
= *Gamay blanc* 4, Cher.
= *Muscadet* 2, Loire-Atlantique.
= *Pétoin*, Cher.

MENDIC, cf. Gouais blanc.

En d'autres points de l'Aveyron peut aussi désigner la Folle blanche (Truel).

MENU ou MENU PINEAU, cf. Arbois.

MENU BLANC, cf. Tressallier.

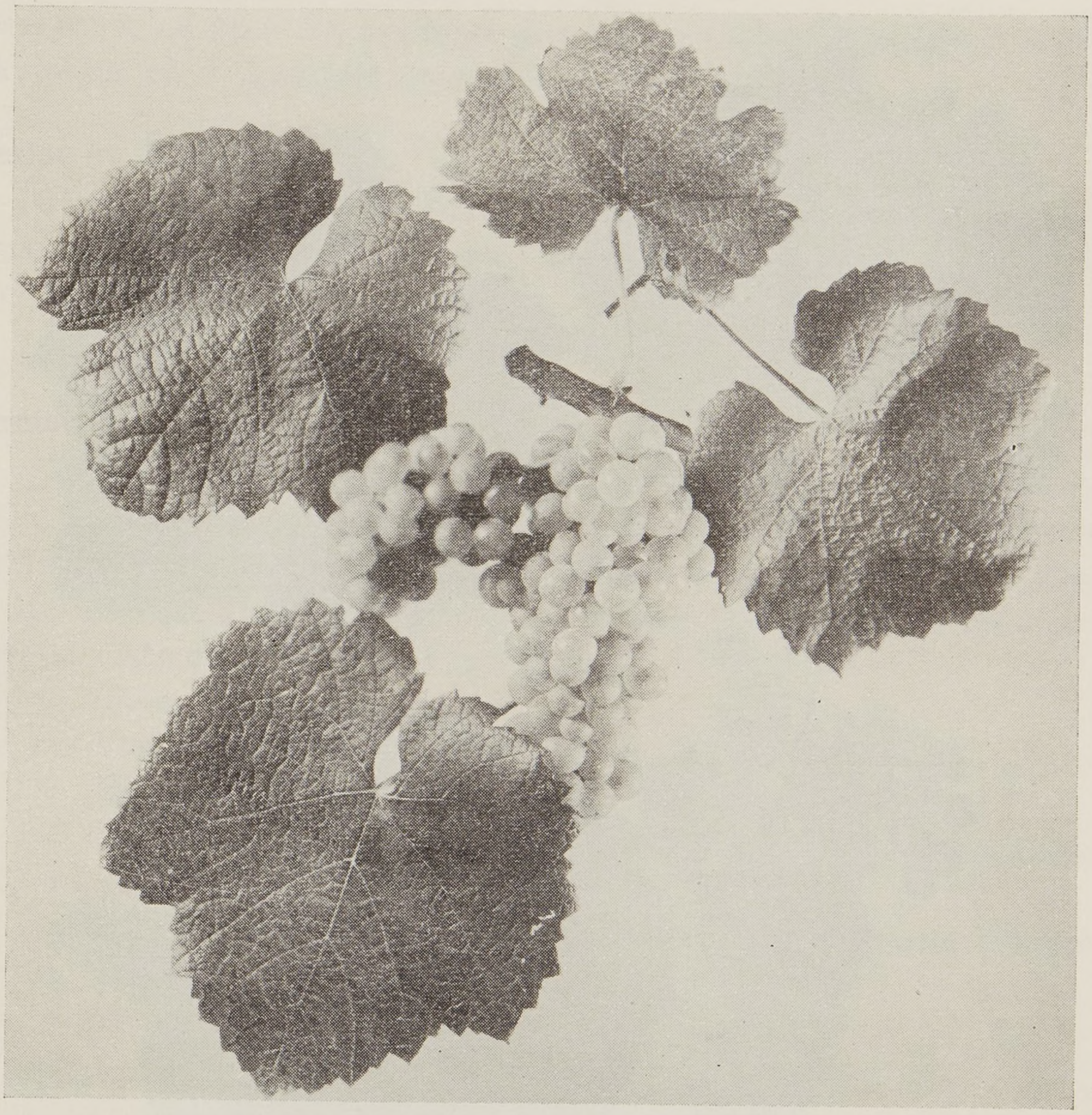


FIG. 3. — Originaire de l'Est viticole, le Melon ou Muscadet est un des représentants, un peu aberrant, du groupe des Noiriens. Il est apparenté au Gamay et au Baroque. (Cliché I.N.A.O.).

Mérille.

Cépage noir productif de la famille des Cots surtout cultivé dans le Languedoc toulousain mais que l'on rencontre assez souvent dans tout le Sud-Ouest :

= *Balouzat* 3, par confusion à Quinsac, Gde.

= *Bordelais* 5 ou Boudalès, Toulousain, Montalbanais, vignoble de Terrasson, Dordogne, où il est confondu avec le Fer Servadou.

= *Cahors* 2, quelquefois.

= *Grosse Mérille,* Lavilledieu, T.-et-G., par opposition à la petite Mérille ou Milgranet.

= *Malbec* 3, par erreur à Fronton et Villaudric, Hte-Gne.

= *Périgord*, St-Laurent, Dordogne, *in* Coll. Grande-Ferrade.

= *Pica, Picard* ou *Picardie*, Premières Côtes de Bordeaux, Réolais, Bazadais, Marmande et Casteljaloux, L.-et-G., vignoble de Terrasson, Digne.

= *Saint-Rabier* 1, Charentes et Dordogne.



Fig. 4. — Le Merlot appartient au groupe des Carmenets dont il représente une forme évoluée. (Cliché P. Legrux).

Merlot 1 ou **Merlau rouge.**

Cépage noir de l'encépagement du Bordelais. D'origine relativement récente, ce cépage est relativement homogène, bien qu'il offre parfois des formes à raisins gris. Il est actuellement en extension en Gironde et dans les régions voisines.

= *Bigney* ou *Bigney rouge,* dialectalement et sporadiquement en Gironde.

= *Bordeleza belcha, pro parte* en Pays Basque.

= *Sème dou flube,* dialectalement, sud des Graves.

= *Sème de la Canau,* dialectalement à Portets, Gde.

= *Semilhoun rouge,* dialectalement en Médoc.

MERLOT 2, ce nom est appliqué par erreur au *Grolleau* dans le nord de l'Aveyron et à Layrac-Goulens, L.-et-G.

Merlot ou **Merlau blanc.**

Cépage blanc de la Gironde (Blayais, Bourgeais, Cubzadais, Entre-deux-Mers), d'extension récente, il présente quelques ressemblances avec le Merlot rouge.

= *Colombard* 2, par erreur et *pro parte* à Peyrignac, Dgne.

Meslier 1.

Cépage-population blanc qui fut très cultivé dans l'est et le centre de la France et qui connut également dans l'ouest et le sud-ouest une certaine faveur. Il existerait principalement deux types : le Petit Meslier ou Meslier doré et le Gros Meslier ou Meslier St-François ou Meslier fou dont la distinction ne paraît pas facile.

= *Blanc Ramé,* Charentes.

= *Blayais,* quelquefois en Gironde.

= *Bordeaux,* Luynes, I.-et-L.

= *Chalosse* 5, Blayais, Bourgeais, Cubzadais et en général Gironde et Dordogne.

= *Pelgarie,* qui représente une forme un peu différente des précédentes, Sauveterre-de-Guyenne, Gde.

= *Rochelin,* Entre-deux-Mers.

MESLIER 2 à Haux, Gde, désigne par erreur le Listan.

MESLIER D'ORLÉANS, cf. Monbadon. (En réalité c'est le Meslier 1 qui occupait jadis d'importantes surfaces en Orléanais et dont les vins servaient en particulier à l'élaboration des fameux vinaigres d'Orléans).

MESSANGES BLANC, cf. Crouchen.

MESSANGES ROUGE, cf. Cabernet-franc.

METTERNICH, cf. Marsanne.

MEUNIER, cf. Pinot Meunier.

MICARDEAU, cf. Béquignol.

Milgranet.

Cépage noir rare du vignoble de Lavilledieu (T.-et-G.) et peut-être du Toulousain.

= *Petite Mérille,* Lavilledieu.

MILHAU, cf. Cinsaut.

MOINARD, cf. Grolleau.

Monbadon.

Cépage blanc très gros producteur que l'on peut voir dans les vignobles charentais et du nord-ouest de la Gironde. Il est parfois confondu avec l'Ugni blanc.

= *Caoba,* Pinsaguel, Hte-Gne.
= *Castillonne* 1, à Montendre, Chte.
= *Frontignan des Charentes,* sporadiquement dans les Charentes.
= *Grand Blanc* 2, sporadiquement en Gironde.
= *Meslier d'Orléans,* Aiguetinte, Gers.

Mondeuse 1.

Cépage noir de Savoie, rare dans l'Ouest et le Sud-Ouest mais dont le nom a été emprunté à tort pour désigner d'autres cépages.

MONDEUSE 2, cf. Bouiller.

MONDEUSE 3, à Saumont, L.-et-G. désigne par erreur un cépage indéterminé.

MONDEUSE 4 ou *Mounduso* en patois, désigne fréquemment le Gamay teinturier de Bouze en Lot-et-Garonne.

MONTÉLIMAR, cf. Corbeau.

MONTMÉLIAN, cf. Corbeau.

Montils ou **Blanc de Montils.**

Cépage assez peu répandu du vignoble charentais et apparenté aux Folles.

= Chalosse 6, Charentes, L. Ravaz.

MOREAU BLANC, cf. Chardonnay.

Morenoa.

Type spécial de Cabernet rencontré dans le pays basque.

= *Crouchen* ou *Cruchen nègre,* Jurançonnais.

MORILLON BLANC, cf. Chardonnay.

MORILLON NOIR, cf. Pinot noir.

Morrastel.

Cépage noir méditerranéen d'origine espagnole que l'on rencontre souvent dans le Sud-Ouest bien que rarement cultivé sur une vaste échelle.

= *Cendron*, sporadiquement dans le Gers.
= *Couthurier*, à Miramont, L.-et-G.
= *Enfariné*, sporadiquement dans le Gers.
= *Grosse Négrette* à Lavilledieu, T.-et-G.
= *Moura* 2, Ariège.
= *Négrette de Pays* ou *Négrette de Montauban*, Montalbanais.
= *Perpigne ou Perpignan*, Fronton, Hte-Gne, Lavilledieu, T.-et-G.
= *Tannat bordelais*, parfois dans les Basses-Pyrénées.
= *Tannat gris*, parfois dans les Landes et les Basses-Pyrénées.

Morrastel-Bouschet.

Cépage teinturier que l'on rencontre en Haute-Garonne, Ariège, Tarn et Tarn-et-Garonne.

MORTERILLE, cf. Cinsaut.

MORTÉS OU MOURTÈS.

Cépage noir du Tarn et de la Haute-Garonne appartenant au groupe des Cots.

= *Bouillenc noir*, Haute-Garonne.
= *Marseillan noir* ou *Marseille noir*, Tarn.
= *Saint-Macaire* 2, Villaudric, Hte-Gne.

MOURA 1, MOURAA, MOURACH ou MOURAS, cf. Fer Servadou.

MOURA 2, cf. Morrastel.

MOUREJALÉS, cf. Guillemot.

MOURELET 1.

Cépage noir original de la région d'Astaffort, L.-et-G. et de Dunes, T.-et-G. Sa grappe petite et compacte possède un pédoncule très court et son grain ferme et sucré rappelle le Cabernet par son goût léger. Il ressemble beaucoup au *Saint-Rabier* 2 des collections de la Grande-Ferrade.

MOURELET 2, cf. Négrette.

MOURTAU (prononcé *mourtaou*), cf. Mancin.

Mourvèdre.

Ce cépage d'origine ibérique et cultivé sous ce nom en Provence se retrouve à l'état de traces dans les Charentes.

= *Balzac* 1, Charentes (L. Ravaz).
= *Prolongeau* 2, par erreur dans les palus de Cantenac.

Moustardet ou **Camaralet noir.**

Cépage noir caractérisé, présent en îlots dans le Jurançonnais et à Lasseube, B. P.

MOUSTÈRE ou MOUSTOUZÈRE, cf. Saint-Macaire.

MOUSTROU ou MOUSTROUN, cf. Tannat.

MOUTET 1, cf. Gibert ; 2, cf. Valdiguié.

Mouyssaguès (c.-à-d., originaire de Moissac).

Cépage noir d'Entraygues, de Marcillac et de la vallée de l'Aveyron. Il porte aussi dans cette région les synonymes suivants :

= *Négret* 1.
= *Peyregord, Pey de Gorp.*
= *Plant du Pauvre* (P. Lavignac).

MUSCADE, cf. Muscadelle.

Muscadelle.

Cépage blanc à goût particulier et que l'on rencontre en Gironde et en Bergeracois. Il en existe également quelques îlots en divers points de l'Ouest viticole.

= *Bouillenc* 2, Lot.
= *Marmésie,* Gan, B.P.
= *Marseillais,* Fronton, Hte-Gne.
= *Muscade,* Bergeracois.
= *Muscadet* 3, Graves de Bordeaux, Reuilly, Indre.
= *Raisin de Musco,* localement en Béarn.
= *Sauvignon* 3 ou *Sauvignon-Muscadelle,* Châteaumeillant, Cher.
= *Sémillon* 2, Villaudric, Larra, Fronton, Hte-Gne.

MUSCADELLE DE NANTES, cf. Baroque.

Muscadet.

Nom passe-partout qui peut désigner localement dans l'Ouest viticole les cépages suivants :

1, Chasselas.
2, Melon.
3, Muscadelle.
4, Ugni blanc.

Muscat d'Alexandrie.

Ce cépage de table blanc propre au bassin méditerranéen n'est guère cultivé qu'en treille dans le Sud-Ouest.

= *Malaga,* Gers.
= *Passe Muscat,* Gironde et Charentes.

Muscat blanc à petits grains.

Ce cépage qui fait la renommée des vins de Frontignan forme de rares îlots dans le Sud-Ouest :

= *Frontignan* 2, Lusignan le Grand, L-et-G.
= *Muscat de Narbonne,* Dordogne.
= *Muscat de Rivesaltes,* Gironde.
= *Sémillon-Muscat,* par erreur en Réolais.

Muscat de Hambourg.

Cépage de table noir cultivé surtout dans la vallée moyenne de la Garonne.

= Malaga rouge, L.-et-G.

NAVARRE BLANC, cf. Crouchen.

Négral.

Cépage noir original, du groupe des Cots que l'on peut rencontrer à la limite Est du Lot et de la Corrèze.

NÉGRASSE, cf. Grappu.

NÉGRET.

1, cf. Mouyssaguès.
2, cf. Négrette.

NÉGRET 3 DE LA CANOURGUE, doit être vraisemblablement l'Abouriou 1.

NÉGRET 4 CASTRAIS, cf. Mauzac noir 2.

Négret 5 **pounjut** (Négret pointu).

Cépage original, peu répandu, de l'ancien vignoble de Fronton, Hte-Gne et de Lavilledieu, T.-et-G. A feuille très découpée et à grain noir ellipsoïde allongé, il n'offre aucun point commun avec la Négrette (Collections Grande-Ferrade).

Négrette, **Négrette entière** ou **Petite Négrette.**

L'un des plus remarquables cépages noirs de la famille des Cots à peu près localisé dans le Haut-Languedoc, notamment à Fronton et Villaudric, Haute-Garonne.

= *Bourgogne* 2, pays de Brem, Vendée.
= *Cahors* 3, Blayais.
= *Dégoûtant,* Charentes.
= *Folle noire* 2, îles de Ré et d'Oléron.
= *Jurançon* 2, Bégadan, St-Loubès, Gironde.
= *Mourelet* 2, parfois à Lavilledieu, T.-et-G.
= *Négret* 4, fréquemment dans la bouche des vignerons à Fronton et Villaudric et à Lavilledieu.
= *Petit noir,* Charentes.

= *Ragoûtant* 2, Vendée.
= *Saintongeais*, Touraine.

NÉGRETTE DE PAYS ou NÉGRETTE DE MONTAUBAN, cf. Morrastel.

NÉGROTTE, cf. Béquignol.

NOBLE JOUÉ, cf. Pinot noir.

NOIR DE CHARTRES, NOIR DE CHARDE.
1, cf. Mérille.
2, cf. Valdiguié.

NOIR DOUX, cf. Cot.

NOIR DUR, cf. Cabernet franc.

NOIR HATIF, cf. Abouriou 1.

NOIR DE SAUMUR, cf. Grolleau.

NOIR DE VASLIN, cf. Béquignol.

Noual
Cépage blanc caractérisé gros producteur et à larges feuilles, rencontré à Prayssac, Lot.

ŒIL DE CHOPE, cf. Canaril.

ŒIL DE PERDRIX, cf. Cot.

ŒIL DE TOUR (c.-à-d., *œil de grive* en gascon), cf. Ondenc.

ŒILLADE 1, cf. cinsaut.

Œillade 2.
Cépage noir différent du Cinsaut et rencontré dans le Tarn sous le nom de « la Croque ».

Ondenc 1.
Cépage blanc qui a joué jadis un rôle important dans le Sud-Ouest (vins de Graves blancs, vins de Gaillac) mais qui ne se rencontre plus que sur de petites surfaces, en particulier dans le Gers.
= *Béquin*, Entre-deux-Mers.
= *Blanc de Gaillac*, Lugasson, Gde, Bourrouillan, Gers.
= *Blanc Sélection Carrière*, nom répandu par les pépiniéristes à partir de Saint-Sorlin, Chte-Mme.
= *Blanquette* 8, *Blanquette sucrée*, Bergerac, Duras, Entre-deux-Mers et un peu partout en Gironde.
= *Cu de Bréchérou*, en quelques points des Basses-Pyrénées.
= *Dourec* ou *Dourech*, Jurançonnais.
= *Gaillac* 2, sud-ouest du Gers.

= *Œil de tour,* Beaupuy, L.-et-G. (Pourcharesse) et Oloron, B. P.
= *Oustenc,* Marcillac (Lavignac).
= *Piquepout de Moissac,* Gers et Landes.
= *Plant de Gaillac* 2, sud-ouest du Gers.
= *Prendiou* ou *Prentiou,* Lasseube, Oloron, B. P.
= *Primaï, Primaïc* ou *Primard* 2, quelquefois à Fronton, Villaudric, Hte-Gne.
= *Sélection* ou *Sélection Carrière.* Dans les Graves et à Royan.
= *Sencit blanc,* vignobles des sables landais, *in* Coll.Grande-Ferrade.

ONDENC 2, par erreur à Canals, T.-et-G., désigne le Gouais blanc.

ONDENC NOIR, cf. Canaril.

ORBOÉ ou ORBOUÉ ou ORBOIS, cf. Arbois.

OUNDENC, cf. Bourboulenc.

OUSTENC (c.-à-d., *du mois d'août* en Languedocien), cf. Ondenc.

Pacherenc (c.-à-d., *hautin* en gascon).

Ce terme ne peut pas être considéré comme un nom de cépage proprement dit. Dans les vignobles du Madiranais, aux confins des Hautes-Pyrénées et du Gers limitrophe, il désigne, en effet, globalement plusieurs cépages nobles blancs fournissant le vin dit de « Pacherenc » et parmi lesquels notamment le Courbu, le Petit Mansenc et l'Arrufiac.

PALOMINO DE JEREZ, cf. Listan.

PANEREUILH, cf. Fer Servadou.

Panse de Provence.

Ancien cépage de table provençal à grosses grappes blanches dont une partie était jadis destinée au séchage.
= *Augevin* 2, *Autsebi, Autsibi,* Albi Tarn, selon Galtier.

PANSE 2, cf. Valdiguié.

PARDE 1, cf. Cot ; 2, cf. Pardotte (Petite Parde).

PARDE 3. Ce nom est également donné à l'Auxerrois-Rupestris.

Pardotte.

Cépage rouge secondaire des Premières Côtes de Bordeaux, du Bas-Médoc et parfois aussi des palus girondines.
= *Machouquet* ou *Matiouquet* 2 (*petit*), St-Loubès, Gde.
= *Petite Parde,* Graves.
= *Pignon,* Bégadan, Gde.
= *Pigue,* Ludon, Gde.

PASSE MUSCAT, cf. Muscat d'Alexandrie.

Pé de perdrix (*pied de perdrix*).

Cépage rose à grappes longues et compactes de Monein et Lasseube, B. P.

= *Troumpe baylet*, localement en Béarn.

Pédauque (c.-à-d., *patte d'oie* en gascon), type de Crouchen à grosse grappe et gros grain.

= *Blanc Limon*.

Péjac.

Les viticulteurs des régions de Nérac et Marmande, L.-et-G., distinguent un *Petit Péjac* qui paraît être un cépage particulier d'un *Gros Péjac* qui est un type de Grappu.

PELGARIE, cf. Meslier.

Peloursin ou **Gros Durif.**

Cépage noir individualisé du Dauphiné et du Lyonnais mais apparenté au Durif (voir ce nom) et souvent confondu avec lui dans les vignobles et la synonymie. Ces deux cépages se rencontrent parfois dans l'Ouest et le Sud-Ouest.

= *Petite Syrah* 3, par erreur, Miramont, L.-et-G.

= *Pinot noir* 2, par erreur en Aveyron.

PÉRA, cf. Chenin.

PÉRIGORD, cf. Mérille.

Perle de Csaba, cépage de table blanc très précoce.

PERPIGNAN ou PERPIGNE, cf. Morrastel.

PETIT BORDELAIS, cf. Fer Servadou.

PETIT BOUCHET (et non Petit Bouschet), cf. Cabernet-Sauvignon.

Petit Bouschet.

Métis teinturier obtenu par Louis Bouschet, partout à l'état de traces.

PETIT CABERNET, cf. Cabernet-Sauvignon.

Petit Mansenc ou **Manseng.**

Cépage-population blanc, peu productif mais donnant un vin très fin notamment à Jurançon, B.P.

= *Ichiriota zuria tipia*, Pays basque.

=*Mansengou*, localement en Béarn.

PETIT NOIR, cf. Négrette.

PETIT VERDOT ou VERDAU, cf. Verdau.

PETITE HÈRE, cf. Fer Servadou.

PETITE MÉRILLE, cf. Milgranet.

PETITE NÉGRETTE, cf. Négrette.

PETITE PARDE, cf. Pardotte.

Petite Syrah 1.

Le plus souvent pour **Syrah**, cépage noir fin des vignobles du Rhône (Tain-L'Ermitage, Châteauneuf du Pape) et que l'on rencontre dans toutes les vieilles vignes de la Haute-Garonne, du Tarn et du Tarn-et-Garonne. Ce nom est aussi appliqué par erreur dans le Sud-Ouest à différents cépages de l'Est et Sud-Ouest :

2. au Corbeau, Montastruc, H. P.,
3. au Peloursin (alias Durif), Miramont, L.-et-G.

PÉTOIN, cf. Melon.

PEYREGORD (c.-à-d., *Périgord* prononcé Peydegor dans l'ouest de l'Aveyron d'où la graphie fautive Pey de Gorp dont le dernier terme est compris « corbeau »), cf. Mouyssaguès.

PICA, PICARD ou PICARDIE, cf. Mérille.

PICARDAN, cf. Cinsaut.

PIED NOIR, cf. Cot.

PIED DE PERDRIX.

1, cf. Cot.
2, cf. Pé de perdrix.

PIED ROUGE, PIED ROUGET, cf. Cot.

PIED TENDRE, cf. Colombard.

PIGNON, cf. Pardotte.

PIGUE, cf. Pardotte.

PINEAU D'ANJOU, cf. Chenin.

PINEAU D'AUNIS.

1, cf. Cabernet.
2, cf. Chenin noir.

PINEAU BLANC, cf. Chenin.

Pineau de la Loire.

Dans les vignobles de Touraine et d'Anjou désigne fréquemment le Chenin. Le nom a suivi le cépage dans ses diverses migrations. On rappellera à cette occasion que l'orthographe, en accord avec les tra-

ditions locales, permet de distinguer les *Pineaux* du Val de Loire des *Pinots* de Bourgogne.

PINEAU MENU, cf. Arbois.

PINEAU ROUGE, cf. Abondance.

PINEAU DE SAUMUR, cf. Grolleau.

PINENC, cf. Fer Servadou.

PINOT FIN DE PERNAND, cf. Cabernet franc. (Il s'agit évidemment d'une dénomination complètement fausse, le Pinot fin de Pernand étant un tout autre cépage.)

Pinot gris.

Cépage de Bourgogne et des pays rhénans que l'on rencontre parfois dans le Val de Loire.

= *Auvernat gris*, Orléanais.
= *Furmint*, par confusion à Savennière, M.-et-L.
= *Malvoisie* 3, sporadiquement dans le Val de Loire.

Pinot gris 2, désigne parfois le Pinot Meunier en Loir-et-Cher. Dans ce cas, gris désigne non la couleur du fruit mais l'aspect grisâtre du feuillage.

Pinot Meunier ou **Meunier.**

Cépage du Nord-Est viticole français.
= *Gris*, Loiret.
= *Pinot gris* 2, Loir-et-Cher.

Pinot noir 1.

Cépage-population fin des grands crus de Bourgogne et de Champagne parfois cultivé dans le bassin de la Loire.
= *Auvernat noir*, Orléanais.
= *Berligout*, Loire-Atlantique (P. Truel).
= *Morillon noir*, Selles-sur-Cher, L.-et-C.
= *Noble Joué*, Joué-les-Tours, Indre-et-Loire.

PINOT NOIR 2 ; sous ce nom on désigne à tort dans l'Aveyron, soit le Durif vrai, soit le Peloursin.

PINOT DE SAINT-JEAN.

Forme de Pinot précoce (ou Madeleine) du Val de Loire.

PIQUEPOUL.

Le nom de ce cépage méditerranéen peut être donné fautivement :
1 au Calitor,
2 par confusion, au Piquepout ou Folle blanche de l'Armagnac.

PIQUEPOUL ROUGE, cf. Folle noire.

PIQUEPOUT, cf. Folle blanche.

PIQUEPOUT DE MOISSAC, cf. Ondenc I.

PLANT ABOURIOU, cf. Abouriou I.

PLANT BORDELAIS, cf. Baroque.

PLANT DE DAME, cf. Folle blanche.

PLANT DE DAME BLANC. Cépage blanc rencontré à Saint-Elix le Château, H. G.

PLANT DAME NOIR, cf. Bouiller.

PLANT DEBOUT, cf. Jurançon blanc.

PLANT DE DISSAY, cf. Béquignol.

PLANT DE GAILLAC.
1, cf. Mauzac.
2, cf. Ondenc I.

PLANT DE GRAISSE, cf. Graisse.

PLANT DU LOT, cf. Cot.

PLANT DE MÉRILLE, cf. Bouiller.

PLANT DU MIDI, cf. Valdiguié.

PLANT DE NOTRE-DAME, cf. Blanc vert.

PLANT DU PAUVRE, cf. Mouyssaguès.

PLANT QUILLARD ou PLANT QUILLAT, QUILLARD ou QUILLAT.
1, cf. Bouillet.
2, cf. Folle noire.
3, cf. Jurançon blanc.

PLANT DE SAINT-GENIEZ, cf. Gamay Saint-Laurent.

Pointu de Savennières ou **Pineau pointu de Savennières.**
Sélection plus ou moins homogène de Chenin blanc à grain ovoïde, Savennière, M.-et-L.

Portugais bleu, cépage noir précoce cultivé dans le Tarn.

POUPE DE GATE (c.-à-d., *pis de chatte* en Gascon), cf. Clairette de Provence.

POUPO DE CRABO (c.-à-d., *pis de chèvre* en Gascon), cf. Cinsaut.

POUPO SAUMO (c.-à-d., *pis d'ânesse*), cf. Colombau.

POUSSE DEBOUT, cf. Mancin.

Précoce Bousquet ou **Bousquet Précoce.**

Cépage blanc du Tarn obtenu vers 1898 par T. Bousquet. Ce serait le résultat du croisement Chasselas × Ondenc. Encore appelé Abouriou 2, ce plant est de première époque précoce.

Précoce Naugé, cf. Abouriou 1.

Prendiou ou Prentiou (c.-à-d., *hâtif* en gascon), cf. Ondenc 1.

Président.
1, cf. Gouais blanc.
2, cf. Graisse.

Pressac, cf. Cot.

Pressac de Bourgogne, cf. Abouriou 1.

Primai, Primaic ou Prmard (c.-à-d., *précoce* en languedocien).
1, cf. Mauzac.
2, cf. Ondenc.

Prolongeau.
1, cf. Grappu.
2, ce nom a également été donné par erreur au Mourvèdre dans les palus de Cantenac, Gde.

Pruéra ou Pruéras (c.-à-d., *prunier, prunelier* en Gascon), cf. Colon.

Prunela, cf. Marocain.

Prunelard 1.

Ancien cépage noir de la Haute-Garonne, du Tarn-et-Garonne et du Tarn. Son bourgeonnement est peu duveteux, sa feuille est entière, révolutée et à pétiole rouge.

Prunelard 2. Cépage noir indéterminé de Lavilledieu, T.-et-G. (Coll. Gde Ferrade).

Prunelard.
3, cf. Béquignol.
4, cf. Cinsaut.
5, cf. Marocain.

Prunelard blanc, cf. Bouysselet.

Putzscheere.

Cépage de cuve blanc, gros producteur, originaire d'Europe centrale. On le rencontre en Condomois et Néracais.

Quercy.
1, cf. Cot.
2, cf. Valdiguié.

Queue rouge, cf. Cot.

Queue tendre, cf. Colombard.

Quillard ou Quillat (c.-à-d., *dressé*, en langue d'oc).
1, cf. Bouillet.
2, cf. Folle noire.
3, cf. Jurançon blanc.

Raffiat 1 ou **Raffiat de Moncade.**

Cépage blanc, productif, très caractérisé du bassin inférieur de l'Adour. Souvent coulard, il porte de grandes grappes lâches à petits grains ronds.

= *Arréfiat* 2, parfois en Béarn par confusion.
= *Rousselet*, Salies de Béarn, B. P.

Raffiat 2, désigne souvent l'Ugni blanc en Béarn et Pays basque.

Ragoutant.
1, cf. Gamay.
2, cf. Négrette.

Raisin de musco, cf. Muscadelle.

Rajoulin, cf. Chenin.

Il est bien évident que les formes notées Rajoulin, Rouchelin, Rougelin sont identiques et ne correspondent qu'à des différences de prononciation, des notations imparfaites ou des habitudes graphiques locales. Les anciens auteurs écrivaient aussi Rouxelin.

Rhin ou sème dou Rhin, cf. Marsanne.

Riesling.

Nous avons parfois rencontré en Gironde et Lot-et-Garonne ce bon cépage rhénan, soit sous sa véritable identité, soit comme cépage inconnu mais le nom de Riesling 2 est parfois donné à tort à la Marsanne dans la région de Sauternes et dans les Premières Côtes de Bordeaux.

Rivet, cf. Franc noir de l'Yonne.

Rochelin, cf. Meslier (*v. a. v.* Rajoulin).

Romorantin.

Cépage blanc cultivé principalement en Loir-et-Cher et surtout à Mont près de Chambord.

= *Dannery*, Cher et Allier.
= *Framboise*, Giennois, Loiret.

Rosé d'Anjou, cf. Grolleau.

Rouge d'Abondance ou Abondance 3, cf. Grolleau.

Rouge hâtif (appelé parfois *Dourech noir*).
Cépage original des Basses-Pyrénées.

ROUCHELIN, ROUGELIN, ROUJALIN, (v. a. v. Rajoulin).
1, Chenin.
2, Sauvignon.

Rouget.
Cépage noir cultivé à Saint-Elix-le-Château, Hte Gne.

Roussanne.
Cépage blanc fin de la vallée du Rhône, présent dans le Vic-Bilh, B. P. sous le nom de Courtoisie 2.

ROUSSELET, cf. Raffiat 1.

ROUSSELIN NOIR, cf. Calitor noir.

ROUXAL, cf. Calitor noir.

RUFFIAC.
1, cf. Arrufiac.
2, cf. Courbu 4.

SABLE BLANC.
Dans le vignoble des Sables landais, ce terme peut désigner *pro parte* :
1, le Baroque ;
2, le Chenin ;
3, le Crouchen.

SABLE ROUGE, cf. Cabernet franc.

SACY, cf. Tressallier.

SADOULE BOÉY (c.-à-d., *saoule bouvier*, en gascon) cf. Gouais blanc.

SAINT-ÉMILION.
1, cf. Sémillon.
2, cf. Ugni blanc.

SAINT-ÉMILION DES CHARENTES, cf. Ugni blanc.

Saint-Macaire.
Cépage commun rouge du Bordelais en voie de disparition. On peut y distinguer deux types principaux : le type Moustouzère à feuille entière ou trilobée, surtout répandu en Entre-deux-Mers et le Saint-Macaire des palus à feuilles plus découpées, fréquent jadis dans les palus d'Ambès et en Médoc. Cette distinction ampélographique ne répond cependant pas toujours à l'onomastique et les deux types sont fréquemment mélangés dans le vignoble.

= *Bouton blanc* 3, Ludon, Macau, Margaux, Gde.
= *Moustère,* Saint-Pierre d'Aurillac, Gde.
= *Moustouzère,* sporadiquement en Gironde et peut-être plus particulièrement sur les Premières Côtes de Bordeaux.

SAINT-PIERRE, cf. Colombau.

Saint-Pierre doré.
Cépage de l'Allier très voisin de la Muscadelle mais à fruit non musqué.
= *Cerceau* (du nom de l'introducteur) à Olivet, Loiret.

SAINT-RABIER 1, cf. Mérille.
Il existe également dans les collections de la Grande-Ferrade un Saint-Rabier 2 en provenance de la Station viticole de Cognac qui n'est pas la Mérille (cf. Mourelet 1). Le nom de Saint-Rabier est celui d'une commune viticole située à l'est du département de la Dordogne au voisinage de Terrasson. On y produit un vin assez agréable à base de Fer Servadou et de Mérille confondus l'un et l'autre sous le nom de Bordelais.

SAINTE-HÉLÈNE, cf. Canaril.

SAINTE-MARIE.
Cépage blanc original des Hautes-Pyrénées (St-Lanne) (Coll. Grande-Ferrade).

SAINTONGEAIS, cf. Négrette.

LOU SALBAIRE (ou *Saoubaïre,* c.-à-d., *le sauveur* car on pensait qu'il résisterait au phylloxéra), cf. Cot.

SANG DE BŒUF, cf. Calitor.

Sans pareil précoce ou *Folle rouge,* cf. Folle noire.
Ce type rencontré en Lot-et-Garonne serait une sélection effectuée dans la population au sein de laquelle il s'individualise nettement.

SAUMANSOIS, ou MANSOIS, ou en langue d'oc SAUMANCÉS ou MANCÉS, cf. Fer Servadou.

Sauternes 1 (on écrit aussi parfois Sauterne).
Cépage blanc qui proviendrait du croisement Sémillon-Sauvignon réalisé par Numa NAUGÉ à la fin du XIX^e^ siècle. Bien que sans intérêt pratique on le rencontre parfois en Gironde. Il possède des fleurs fonctionnellement femelles. (Numa NAUGÉ, Rev. de Vit. 1898-1 : 477 et 1901-1 : 137).

SAUTERNES 2 dans le Centre (Indre, Cher) désigne quelquefois le Sauvignon ou le Sémillon.

Sauvignon.

Cépage noble blanc des grands crus de Bordeaux, du Bergeracois, de Pouilly-sur-Loire, de Sancerre, de Quincy et de Reuilly. Il est encore cultivé quelque peu dans la vallée moyenne de la Loire et se retrouve souvent dans tout le Sud-Ouest.



FIG. 5. — Le Sauvignon n'est pas très éloigné des Carmenets mais appartient nettement au groupe des Chenins. (Cliché Korjinsky).

= *Blanc fumé* ou *Fumé*, Pouilly-sur-Loire, Nièvre.
= *Fié*, Neuvillois, Vienne.
= *Rouchelin*, *pro parte* dans le Lot.
= *Sauternes 2*, parfois dans le Centre : Indre, Cher.
= *Savagnou*, quelquefois en Béarn et Pays basque.
= *Surin*, Montrichard, L.-et-C.

SAUVIGNON 2, par abréviation dans le Médoc, sert à désigner le Cabernet-Sauvignon.

SAUVIGNON 3 ou SAUVIGNON-MUSCADELLE, cf. Muscadelle.

Sauvignon rose 1.

Variation à raisins roses ou rouges du Sauvignon blanc, fréquente surtout dans les vignobles du Centre et des Pyrénées.

SAUVIGNON ROSE 2.

Nom d'emprunt donné à un cépage rencontré à Daignac, Gde et qui, bien différent du Sauvigon, est à rapprocher des types noirs nommés Capbreton rouge 3, Malvoisie noire et Sémillon rouge (Coll. Grande-Ferrade).

SAUVIGNON ROUGE.

En dehors du Sauvignon à grain rose foncé ou presque noir, certains vignerons du Centre nomment ainsi le Cabernet-Sauvignon.

SAUVIGNON VERT, cf. Sauvignonnasse.

Sauvignonnasse.

Forme aberrante et bien distincte du Sauvignon qui accompagne parfois ce cépage dans les vignobles du Centre et du Sud-Ouest. Elle est peu multipliée en France mais elle connaît une grande extension au Chili (sous le nom de Sauvignon). La même confusion semble exister en certaines régions de l'U.R.S.S. Enfin, P. TRUEL signale que le Tocai friulano est identique à la Sauvignonnasse.

= *Blanc doux* 1, Bordelais, *in* Coll. de l'Ec. Nat. d'Agr. de Montpellier.

= *Sauvignon vert*, Besson, Allier.

SAVAGNOU, cf. Sauvignon.

SÉLECTION, SÉLECTION CARRIÈRE, cf. Ondenc.

SÈME DE LA CANAU (*sème*, plant de semis, variété — cultivar — d'une plante cultivée, *la canau*, le canal ou Lacanau), cf. Merlot.

SÈME DOU RHIN ou RHIN (c.-à-d., *plant du Rhin*), cf. Marsanne.

SÈME DOU FLUBE (c.-à-d., *plant du fleuve*), cf. Merlot.

SÉMILHOUN ROUGE, cf. Merlot.

Sémillon.

Cépage blanc constituant le fond des vignobles de Bordeaux et du Bergeracois et qui se retrouve dans tout le Sud-Ouest. Cépage population, il renferme des formes roses et des formes à grains ellipsoïdes.

= *Blanc doux* 2, Montpon sur l'Isle, Dordogne.

= *Blanc Sémillon*, Bergeracois.

= *Mansois blanc, Mancès blanc* ; Entraygues, Marcillac, Aveyron.
= *Saint-Emilion,* par confusion en Tarn-et-Garonne et dans le vignoble de Terrasson, Dordogne.
= *Sauternes* 2, parfois dans le Centre : Indre, Cher.

SÉMILLON 2, cf. Muscadelle.

SÉMILLON ROUGE, cf. Malvoisie noire.

SÉMILLON-MUSCAT, cf. Muscat blanc à petits grains.

SENCIT BLANC, cf. Ondenc.

SENCIT GRIS, cf. Béquignol.

SENCIT ROUGE, cépage des Landes proche du Canaril.

SIÈGE NOIR, cf. Calitor noir.

SURIN, cf. Sauvignon.

SYRAH, cf. Petite Syrah.

TALOCHE, cf. Graisse 1.

Tannat 1.

Cépage noir du Madiranais, des Basses-Pyrénées et du sud des Landes.
= *Bordelais* 6, Landes.
= *Bordeleza belcha,* Pays basque.
= *Madiran,* parfois dans le Bassin de l'Adour landais.
= *Moustrou* ou *Moustroun,* sporadiquement et souvent dans les Landes.

TANNAT 2, cf. Carignan.

TANNAT BORDELAIS.
1, cf. Carignan.
2, cf. Morrastel.

TANNAT GRIS, cf. Morrastel.

TANNAT DU PORTUGAL, cf. Carignan.

LE TEINTURIER, cf. Gamay (Gamay teinturier de Bouze).

Teinturier du Cher.

Forme très ancienne à jus coloré qui appartient au groupe des Noiriens et qui a notamment contribué à l'obtention des métis teinturier Bouschet.
= *Gros Noir* 2, Indre, Loir-et-Cher.
= *Gros Noir de Villebarou,* Loir-et-Cher.

TEINTURIER DE LA LIBARDE, cf. Tinturin de la Libarde.

TERRANIS, cf. Cot.

Tinturin ou Tinturin de la Libarde.

Sélection de Cot effectuée dans le Bourgeais vers 1890 par Berniard. On l'appelle aussi Teinturier de la Libarde. En dehors de cette sélection, Tinturin est synonyme de Cot.

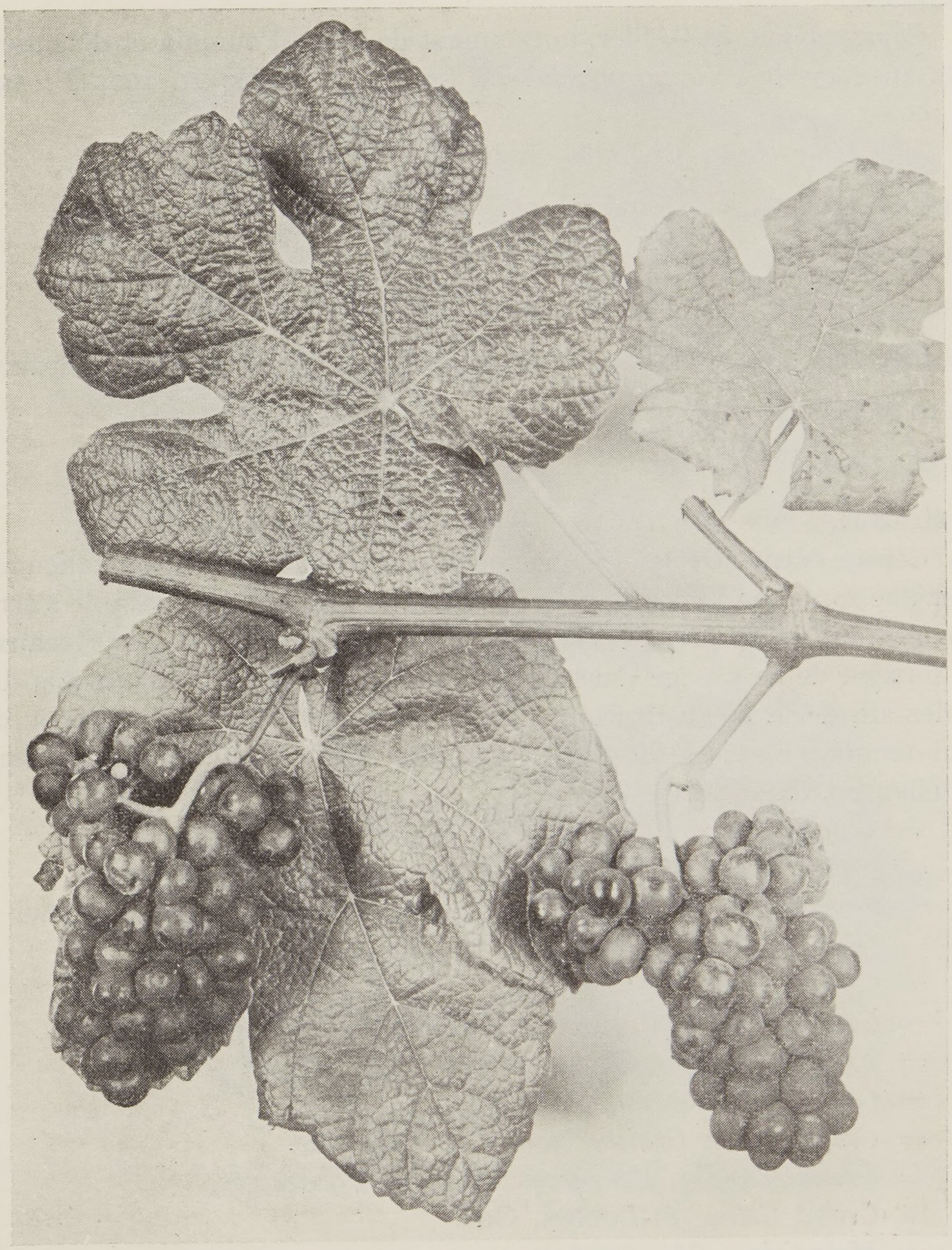


FIG. 6. — Le Tannat est un cépage du Bassin de l'Adour qui n'est pas sans analogie avec les Cots auxquels il pourrait parfois être substitué avec avantage dans le Sud-Ouest. (Cliché I.N.A.O.).

Tite de crabe (c.-à-d., pis de chèvre, en gascon).

Type de Chenin à grains ovoïdes du vignoble des Sables landais. Il existait dans les anciennes collections de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier un Tite de crabe dont presque tous les fruits étaient apyrènes.

TOURNEBAS.

Nom d'un ancien cépage noir de Fronton, Hte-Gne.

TOUZAN, cf. Grappu.

Tressallier.

Cépage blanc de l'Allier, notamment de Saint-Pourçain et déjà assimilé au Sacy de l'Yonne par Adrien Berget (Rev. de Vit. 1902-2 : 545 et 1908-1 : 705).

= *Menu blanc*, Giennois, Loiret.

TROMPE BOUVIER, cf. Gouais blanc.

TROUCHET BLANC, cf. Crouchen.

TROUCHET NOIR, cf. Cabernet franc.

TROUMPE BAYLET (c.-à-d., *trompe valet*, en gascon), cf. Pé de perdrix.

UGNE BLANCHE, cf. Folle blanche.

UGNE NOIRE, cf. Canaril.

Ugni blanc.

Cépage cultivé en Bas-Languedoc et en Provence. D'origine italienne, c'est une forme de la population « Trebbiano toscano » qui semble s'être répandue anciennement dans le Sud-Ouest où elle porte des noms locaux. La fortune de ce cépage dans cette dernière région date néanmoins du lendemain de la reconstitution, lorsque les Charentais firent appel à lui pour remplacer sous le nom de St-Emilion 2 la Folle blanche devenue difficilement cultivable.

= *Blanc Auba* 2, localement en Entre-deux-Mers.
= *Cadet* ou *Grand Cadet*, région de Carbon-Blanc, Gde.
= *Cadillac* ou *Cadillate*, Libournais, sud du Tarn-et-Garonne.
= *Castillonne*, Guîtres, Abzac, Gde.
= *Chatar*, Créon, Yvrac, Gde.
= *Colombard* 3, par erreur et *pro parte* à Peyrignac, Dgne.
= *Frontignan* 1, Guîtres, nord de la Gironde.
= *Gargante*, Fronton, Hte-Gne.
= *Graisse* 2 ou *Graisse blanc*, Montalbanais.
= *Grand blanc* 3, Premières Côtes de Bordeaux.
= *Grand Colon*, St-Loubès, Gde.
= *Malvoisie* 4, Marmandais.
= *Muscadet* 4, fréquemment en Entre-deux-Mers et dans les Graves.
= *Rafiat* 2, souvent en Béarn et Pays basque.

Valdiguié.

Cépage noir productif originaire du Quercy. Il appartient au groupe des Cots et tend à se répandre un peu partout dans le Sud-Ouest.

= *Gros Auxerrois,* vignoble du Quercy.

= *Cahors* 4, Gabarnac et St-Pierre d'Aurillac, Gde, Lot-et-Gne, Dordogne.

= *Côte verte* 3, environ de Terrasson, Dordogne.

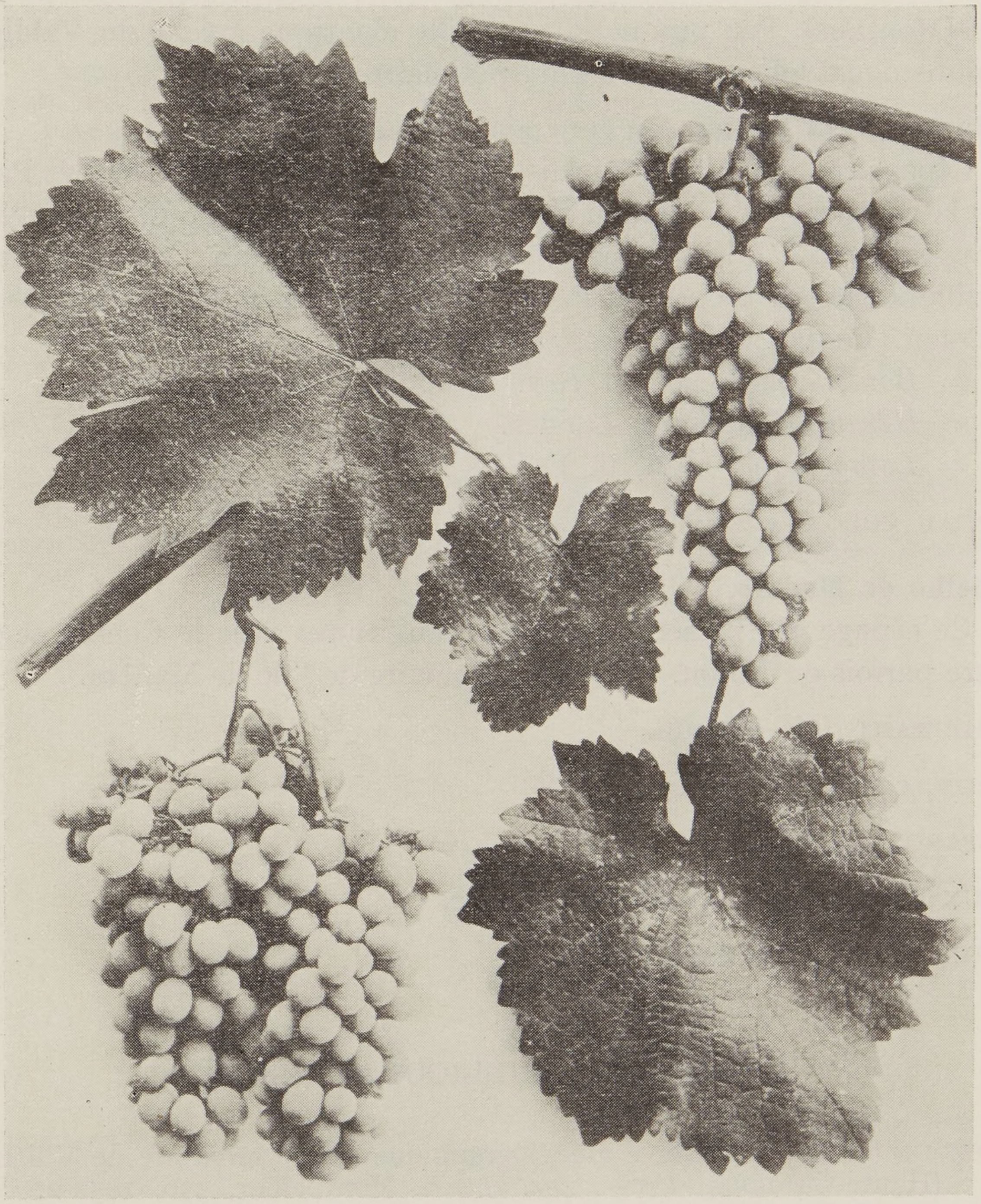


FIG. 7. — Malgré son nom typiquement portugais, le Verdelho de Madère, cépage de l'Anjou, présente d'évidentes ressemblances avec le Chenin blanc. (Cliché Korjinsky).

= *Folle noire* 3, vignoble de Terrasson, Dordogne et Xaintrailles, L.-et-G.

= *Isabelle* à Puylaroque (d'où le Valdiguié serait originaire).

= *Jan Pierrou,* Sauzet, Lot.

= *Moutet* 2, Cazes-Mondenard, T.-et-G.

= *Noir de Chartres,* Charentes.

= *Panse* 2, Entraygues, Aveyron.
= *Plant du Midi*, Marcillac, Aveyron.
= *Quercy* 2, Blayais, Bourgeais.

Valdiguié pissaïre.

Forme dégénérée ou type spécial de Valdiguié rencontré dans le Tarn (Montans). Peu productif, sa feuille identique à celle du Valdiguié révolute deux lobes sur le point pétiolaire.

Verdau ou **Petit Verdau** (on écrit aussi Verdot).

Cépage rouge fin du Bordelais qui fut aussi très cultivé das les Palus. Sous la rubrique Gros Verdau nous n'avons indiqué que des synonymes se rapportant à d'autres cépages, cependant l'existence d'un gros Verdau à feuille identique à celle du Petit Verdau et dont la grappe serait celle du Colon (Verdau Colon) n'est pas exclue.

= *Bouton blanc* 4, *pro parte* et localement en Gironde.
= *Héran*, Roquefort, Landes.
= *Lambrusquet*, Gan, B. P.

VERDAU COLON, cf. Colon.

Verdelho de Madère.

Ce cépage qui présente quelques similitudes avec le Chenin se rencontre parfois en Anjou. On le dit originaire de l'île de Madère.

VERDURANT, cf. Chenin.

VERON, cf. Fer Servadou.

VESPAROL, cf. Cot.

VIEUX PACHERENC, cf. Courbu blanc.

VIEUX ROUGE, cf. Arrouya.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARTOZOUL (J. P.). — Relevé ampélographique sur le territoire de Villaudric (Haute-Garonne). *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 336, 1952-2.

ARTOZOUL (J. P.) et BAUDEL (J.). — La famille des Cots dans le Sud-Ouest de la France. *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 14, 1954-1.

ARTOZOUL (J. P.) et BAUDEL (J.). — Enseignements de la vieille vigne dans le Sud-Ouest de la France. *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 141, 1956-1.

BAUDEL (J.). — Histoire d'un vignoble. *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 289, 1955-1.

BAUDEL (J.). — Sur les vignobles des îles de Ré et d'Oléron. *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 255, 1958-1.

BISSON (J.). — Précisions sur un cépage bordelais appelé « Metternich ». *La Feuille vinicole*. Bordeaux 15 janvier 1956.

BISSON (J.). — Trois cépages secondaires rouges du Bodelais. *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 163, 1957-2.

BISSON (J.). — L'Arribet ou Franc noir de l'Yonne. *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 12, 1960-1.

DURQUETY (P. M.) et DARRIGRAND (P.). — Les cépages des Pyrénées occidentales et leur synonymie. *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 245, 1956-2.

GUILLOT (R.). — Étude ampélographique de certains cépages, *in Rapport annuel* 1948 *du Fonctionnement de la Section de Sélection et de Contrôle des bois et plants de vignes.* Montpellier, 27.

GUILLOT (R.). — Essai provisoire de synonymie de cépages dans le Centre-Ouest. *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 137, 1953-1.

LAGARD (P.). — Les Cabernets et les Folloïdes, *in Rapport annuel* 1948 *du Fonctionnement de la Section de Sélection et de Contrôle des bois et plants de vignes.* Montpellier, 33.

LAGARD (P.). — Les Cots, *in Rapport annuel* 1949 *des Travaux de la Section de Sélection et de Contrôle des bois et plants de vignes.* Montpellier, 32.

LAGARD (P.) et DURQUETY (P. M.). — Le vignoble des « Sables » landais. *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 90, 1959-1.

LEVADOUX (L.). — Les vignobles d'Entraygues et les vins du Fel. *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 161, 1945-2.

LEVADOUX (L.). — Essai provisoire de synonymie ampélographique. *Agriculteur du Gers*, Auch : 2-13 (janvier 1952).

LEVADOUX (L.), ARTOZOUL (J. P.) et BAUDEL (J.). — L'Ondenc ou Piquepout de Moissac. *Progr. agr. et vit.*, Montpellier, 96, 1952-1.

LEVADOUX (L.), DURQUETY (P. M.) et LAGARD (P.). — Monographie du Baroque ou Plant bordelais. *Imp. Delmas*, Bordeaux, 1955.

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 11-1960.

Dépôt légal : 4e trimestre 1960 *N° d'impression : 1 000.*